



## **Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår**

**Svendsen, L.M.; Sortkjær, O.; Ovesen, N.B.; Skriver, J.; Larsen, S.E.; Pedersen, Per Bovbjerg; Rasmussen, Richard Skøtt; Dalsgaard, Anne Johanne Tang**

*Publication date:*  
2008

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Svendsen, L. M., Sortkjær, O., Ovesen, N. B., Skriver, J., Larsen, S. E., Pedersen, P. B., Rasmussen, R. S., & Dalsgaard, A. J. T. (2008). *Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår*. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DTU Aqua-rapport No. 188-08  
[http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter\\_siden\\_2008](http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter_siden_2008)

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **Ejstrupholm Dambrug**

## **- et modeldambrug under forsøgsordningen**

### **Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet**

### **med væsentlige resultater fra første måleår**

Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet  
Ole Sortkjær, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet  
Niels Bering Ovesen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet  
Jens Skriver, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet  
Søren Erik Larsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet  
Per Bovbjerg Pedersen, DTU Aqua  
Richard Skøtt Rasmussen, DTU Aqua  
Anne Johanne Tang Dalsgaard, DTU Aqua

**DTU Aqua**  
Nordsøen Forskerpark  
9850 Hirtshals  
April 2008

## 0 Sammenfatning

De samlede miljømæssige fordele ved modeldambrug er mangetallige, som blandt andet oplistet vedrørende især uhindret faunapassage i Dambrugsudvalgets rapport:

Vandløbet	Dambruget
<p><b>Fordele:</b></p> <p>"Død å"-strækning fjernes</p> <p>Øget vandføring i dambrugen omløb</p> <p>Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt</p> <p>Naturlige variationer i vandløbs vandføring opretholdes i omløbene</p> <p>Indtrængen af naturlig fauna i dambrugen reduceres</p> <p>Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere</p> <p>Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres</p> <p>Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes</p> <p>Fald i vandløbs iltindhold nedstrøms reduceres/undgås</p> <p><b>Ulemper:</b></p> <p>Ingen</p>	<p><b>Fordele:</b></p> <p>Stabile produktionsforhold</p> <p>Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres</p> <p>Øget effekt af renseforanstaltninger</p> <p>Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren</p> <p>Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet</p> <p>Reduceret smittpres</p> <p>Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning</p> <p>Bedre arbejdsmiljø</p> <p><b>Ulemper:</b></p> <p>Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk</p> <p>Øget udledning af CO<sub>2</sub></p> <p>Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer</p> <p>Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene</p> <p>Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.</p>

Der er tidligere udgivet en statusrapport for det første måleår ved Ejstrupholm Dambrug (*Svendsen et al., 2006*). I denne statusrapport, som omhandler andet driftsår for Ejstrupholm Dambrug som modeldambrug, beskrives de opnåede resultater fra monitoringsprojektets måle- og dokumentationsprogram, der har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenens rensning og udledning af næringsstoffer og organisk stof. Der er medtaget en række væsentlige resultater fra år 1 for at kunne sammenligne resultater mellem de to måleår. Der er også medtaget resultater fra første måleår for emner, som ikke blev medtaget i statusrapporten for det første måleår. Endvidere er medtaget resultater fra første måleår, hvor der er lavet korrektioner ift. indhold af kvælstof og fosfor i fisk og for produktionsbidraget af COD og BI<sub>5</sub> og forholdet mellem disse. Dette har medført justeringer i produktionsbidraget og hermed i beregnede rensgrader og udlederkontrollen ift. statusrapporten for første måleår, men ændrer ikke væsentligt ved de overordnede resultater for det første måleår. Der drages nogle konklusioner for resultaterne for

de to måleår på dambruget. Hermed kan og bør denne status rapport for andet måleår også anvendes som en samlet rapportering for de væsentligste resultater for de to måleår under forsøgsordningen for Ejstrupholm Dambrug.

### Produktionsforhold

Ejstrupholm Dambrug har i andet måleår, perioden 23. juni 2006 til 22. juni 2007 anvendt 461,0 tons foder med en beregnet produktion på 518,0 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 0,890.

Selve driften af anlægget må generelt betegnes som værende succesfuldt i andet driftsår.

### Vandforbrug

Ejstrupholm Dambrug indtager nu vand alene fra dræn under dambruget og boringer placeret nær vandløb og plantelaguner, hvorfor opstemning og spærringer i vandløbet ikke længere er nødvendigt. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad 96 %) er nedsat fra før ca. 620 l/s til 43 l/s (år 2), svarende til ca. 7 % af før.

Et vandtab gennem plantelagunen på 21 l/s (46 % af flow) i første driftsår er i andet år reduceret til 6 l/s (14 % af flow).

### Rensegrader

Ved forarbejdet i bekendtgørelse om modeldambrug m.v. blev der forudsat nogle rensegrader for organisk stof og næringsstoffer på modeldambrug. En sammenstilling af de i bekendtgørelsen for modeldambrug forudsatte og de opnåede nettorensgrader i 1. og 2. måleår på Ejstrupholm dambrug ser således ud:

	Forventet	Opnået 1. år	Opnået 2. år
<b>Organisk stof (B<sub>l</sub>)</b>	75 %	98 %	94 %
<b>Total kvælstof (inkl. laguner)</b>	32 %	58 %	47 %
<b>Total Fosfor</b>	60 %	94 %	86 %

Rensegraderne indeholder også nedsivning fra plantelagunen som, især i år 1, formentlig reducerer den reelle rensegrad for især opløst kvælstof og opløst fosfor, såfremt nedsivning ikke medregnes. Dette ændrer dog ikke ved, at de opnåede rensegrader til fulde honorerer de forudsatte. Produktionsanlægget med dets slamkegler og biofiltre fjerner netto især ammonium, fosfor og organisk stof, mens plantelagunerne effektivt fjerner tilført organisk stof og total fosfor (især partikulært) samt totalkvælstof (især nitrat-delen). Stoffjernelsen i plantelagunerne er noget højere (faktor 2-3) end dem, der blev fundet i tidligere forsøg på Døstrup Dambrug, som udgjorde en del af grundlaget for de forudsatte rensegrader.

Selvom der må formodes at følge f.eks. ammonium, nitrat og opløst fosfor med nedsivningsvandet vil en del af dette enten blive genindvundet som indtagvand eller omsat/tilbageholdt i ådalens jorde, dvs. kun en

andel af evt. nedsivende opløst stof antages at kunne nå grundvand eller vandløb. Det har ikke været en del af projektets formål at undersøge dette, men tabet er da også reduceret ganske betydeligt i år 2 (nu kun 14 % af vandinput).

### Specifik udledning

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI<sub>5</sub>, 1.119 t total-N og 90 t total-P ved en produktion på 29.434 t ørreder, svarende til gennemsnitlige specifikke udledninger som angivet i nedenstående tabel:

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)			Ejstrupholm dambrug i % af gennemsnit DK	
	Gennemsnit Danmark	Ejstrupholm d. - 1. måleår	Ejstrupholm d. - 2. måleår	År 1	År 2
Organisk stof	105,3	1,0	5,3	1 %	5 %
Total-N	38,0	12,1	19,5	32 %	51 %
Total-P	3,1	0,26	0,51	8 %	17 %

Som det fremgår, er der markant reducerede specifikke udledninger især for organisk stof og fosfor sammenlignet med gennemsnittet af danske ferskvandsdambrug. De højere udledninger i andet måleår skal bl.a. sammenholdes med at foderforbruget er 23 % større end i første.

### Overholdelse af udlederkrav jvf. Vejle Amts miljøgodkendelse

Der er i miljøgodkendelsen (Vejle Amt siden revideret af Ikast-Brande Kommune) opstillet en række kontrolparametre med tilhørende kravværdi. Der er beregnet efter Bekendtgørelsen om modeldambrug og med tilstandskontrol for ammonium-kvælstof og BI<sub>5</sub> og transportkontrol for suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor med korregerede kravværdier. Beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 % og taget højde for en overført foderkvote fra andet dambrug samt, ved de to parametre med tilstandskontrol, anvendelse af faktisk vandforbrug ved kontrolberegningen, fås nedenstående resultat.

Kontrol-parameter	Kravværdi i Miljøgodkendelse (mg l <sup>-1</sup> ) år 1 / år 2	Udledning efter Bekendt. om mo- deldambrug – År 1 (mg l <sup>-1</sup> )	Udledning efter Be- kendt. om modeldam- brug – År 2 (mg l <sup>-1</sup> )
Susp. Stof	108 / 153	- 92,4	- 21,1
NH <sub>4</sub>	5,28 / 5,77	2,89	7,75
Total-N	31,9 / 31,7	8,09	22,83
Total-P	2,77 / 2,86	0,08	0,58
BI <sub>5</sub>	13,19 / 14,42	1,34	2,76

De justerede kontrolregler medfører, at alle udlederkrav er opfyldt i første måleår. I andet måleår er der en overskridelse for ammonium-kvælstof på 34 %, mens alle andre udlederkrav overholdes. De beregnede udlederværdier er alle højere i andet måleår, men ligger for suspenderet stof, total fosfor og BI<sub>5</sub> - som i første måleår - langt under kravværdierne.

## Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Holtum Å, opstrøms	Holtum Å, nedstrøms
April 2004	5	4
Februar 2005	4	4
Maj 2005	5	4
Oktober 2005	4	4
Oktober 2005	5	4
Marts-maj 2006	5	6
Juni 2006	5	5
September 2006	5	4
September 2006	5	4
April 2007	4	5
Juli 2007	5	4

Målsætningen på både op- og nedstrømsstationen er 5. Generelt ligger tilstanden på både op- og nedstrøms stationerne i et område mellem faunaklasse 4 og 5. Dette svarer til at tilstanden ligger på grænsen mellem ikke-opfyldt/opfyldt målsætning. Som helhed var faunasammen-sætningen op- og nedstrøms dambruget stort set identisk.

## Diskussion og primære udeståender

De opnåede rensegrader og den resulterende, meget lave specifikke udledning for ikke mindst fosfor og organisk stof ser generelt meget lovende ud og har været bedre end forudsat.

For kvælstof, især ammonium-kvælstof hvor koncentrationerne i både produktionsanlægget og i afløbet fra dambruget til tider er ret høje, men også total-kvælstof, synes der dog at være behov og muligheder for en forstærket indsats, således at rensningen på disse parametre kan forbedres yderligere. Det vil således formentlig være rensningen for kvælstof, der bliver afgørende for mulighederne for evt. øget fodertilladelse.

En forbedret drift og indretning af biofiltrene, eventuelt suppleret med etablering af særskilt biofilter på afløbsvandet til plantelagunen, vil kunne forøge nitrifikationen. En forøget nitrat-fjernelse vil herefter formentlig kunne opnås i plantelaguner og/eller særskilt denitrifikationsenhed.

En større del af den stofmængde, der føres over i slambassinerne fra produktionsanlæggets slamkegler og biofiltre, transporteres igen med klaringsvandet til plantelagunerne. Det vil være hensigtsmæssigt at øge stoftilbageholdelsen i selve slambassinerne.

Vandtabet med tilhørende opløst stof fra plantelagunerne kan, især i år 1, påvirke beregningen af nogle af rensegraderne (beregnes lidt højere end de reelt har været), afhængig af i hvilken grad opløste stoffer, som ammonium/nitrat og orthofosfat, passerer hele vejen sammen med vandet, og også af hvorvidt det, i givet fald, kan nå frem til vandløbet og i hvilke mængder.

# 1 Indledning

Som et af resultaterne fra det af fødevareministeriet nedsatte dambrugsudvalg (Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder) blev der i dette udvalgs rapport, marts 2002 (*Dambrugsudvalget, 2002*), peget på muligheden af etablering af mere ensartede type-dambrug eller såkaldte modeldambrug.

Det ensartede koncept i modeldambrugene skulle muliggøre, at dokumentation samt viden og erfaring indhentet herpå, kunne finde anvendelse på andre modeldambrug af samme type, således at såvel drift som sagsbehandling, tilladelser m.v. kunne smidiggøres.

I såvel sideløbende som efterfølgende arbejder (eks.: Pedersen P.B. et al. 2003; Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B.; 2004) samt notater og Bekendtgørelser (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002* og *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug, 2004*) er de nærmere specifikationer og krav til modeldambrug blevet defineret og fastlagt.

Tre typer modeldambrug er beskrevet (type 1, 2 og 3), hvor der for type 2 og 3 er åbnet for en deltagelse under en 2-årig forsøgsordning, i hvilken periode monitoring af den resulterende miljømæssige effekt skulle måles.

Ingen dambrug har ønsket ombygning til type 2 under forsøgsordningen, mens 8 dambrug af type 3 blev udvalgt til deltagelse i denne. Ejstrupholm Dambrug er et af disse.

Det skal understreges, at listen over miljømæssige fordele ved modeldambrugsdrift er lang, som opgjort i Dambrugsudvalgets rapport jvf. nedenstående tabel.

Disse miljømæssige fordele opnås under alle omstændigheder ved etablering af modeldambrug. Formålet med monitoringsprojektet er således alene at udvikle og gennemføre et specificeret måleprogram for modeldambrug, baseret på kravene om målinger i Miljøministeriets "*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*" og "*Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004)*") for derigennem at fremskaffe den fornødne dokumentation for dambrugenens rensning samlet og for de enkelte renseforanstaltninger og for udledning af næringsstoffer og organisk stof, herunder for overholdelse af udlederkravene. Ifølge bekendtgørelsen skal DMU og DFU opstille et måleprogram, der skal tilvejebringe den omtale dokumentation.

De otte modeldambrug monitoreres derfor løbende af DMU og DTU Aqua over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug måles der over alle de forskellige dele af dambruget, de såkaldte intensivt monitorerede dambrug, mens der på andre måles samlet over produktionsanlægget, de såkaldte ekstensivt monitorerede dambrug, som Ejstrupholm Dambrug har hørt til i det første måleår. I slutningen af første måleår blev Ejstrupholm opgraderet til et intensivt monitoreret dambrug. Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for Fø-

devareErhverv via FIUF- midler, og er således støttet med 50 % fra den Danske Stat og 50 % fra EU. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Vandløbet	Dambruget
<p><b>Fordele:</b></p> <p>"Død å"-strækning fjernes</p> <p>Øget vandføring i dambrugen omløb</p> <p>Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt</p> <p>Naturlige variationer i vandløbs vandføring opretholdes i omløbene</p> <p>Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres</p> <p>Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere</p> <p>Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres</p> <p>Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes</p> <p>Fald i vandløbs iltindhold nedstrøms reduceres/undgås</p> <p><b>Ulemper:</b></p> <p>Ingen</p>	<p><b>Fordele:</b></p> <p>Stabile produktionsforhold</p> <p>Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres</p> <p>Øget effekt af renseforanstaltninger</p> <p>Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren</p> <p>Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet</p> <p>Reduceret smittepres</p> <p>Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning</p> <p>Bedre arbejdsmiljø</p> <p><b>Ulemper:</b></p> <p>Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk</p> <p>Øget udledning af CO<sub>2</sub></p> <p>Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer</p> <p>Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene</p> <p>Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.</p>

Dokumentations- og monitoringsprojekt følges af en følgegruppe bestående af:

Dokumentations- og monitoringsprojekt følges af en følgegruppe bestående af:

Niels Axel Nielsen, Fmd., direktør for Myndighedsbetjening og Sektorudvikling DTU (tidl.: direktør Danmarks Fiskeriundersøgelser)

Torben Moth Iversen, projektchef DMU, Århus Universitet (tidl. vicedirektør DMU)

Mette Selchau, Fødevareministeriet; erstattede august 2007 Knud Larsen, Fødevareministeriet

Thomas Bjerre Larsen, Miljøstyrelsen; erstattede august 2007 Gitte Larsen, Skov- og Naturstyrelsen

Henrik Haarh, Direktoratet for FødevareErhverv; erstattede januar 2007 Lars Christensen Clink, Direktoratet for FødevareErhverv

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jacob Larsen, Holstebro Kommune (tidl.: Ringkjøbing Amt)



Lenny Stolborg, Ikast-Brande Kommune; erstattede januar 2007 Henning Christiansen, Ribe Amt

Lisbeth Jess Plesner, Dansk Akvakultur

Helge A. Thomsen, forskningschef DTU Aqua (tidl.: Danmarks Fiskeriundersøgelser)

samt Per Bovbjerg Pedersen, sektionschef DTU Aqua (tidl.: Danmarks Fiskeriundersøgelser) og Lars M. Svendsen, projektchef Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet.

I juni 2008 udgives en samlet faglig rapport, der kommer med en samlet status og konklusioner over 1. års drift og målinger på de 8 modeldambrug. Heri foretages sammenligninger på tværs af dambrugene og gives nogle anbefalinger. Nærværende statusrapport indeholder derimod alene målinger for Ejstrupholm Dambrug.

Sluttelig skal der lyde en stor tak til alle andre involverede personer, institutioner m.v. som på hver sin vis har bidraget i det store arbejde. Specifikt takkes dambrugsejere Kaj og Jens Jensen samt teknisk personale ved DMU, Århus Universitet: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor, Marlene Jessen og Carsten Nielsen og ved DTU Aqua (DFU): Tommy Nielsen, Peter Faber, Torben Filt Jensen, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen.

## 2 Beskrivelse af dambruget

### 2.1 Indretning

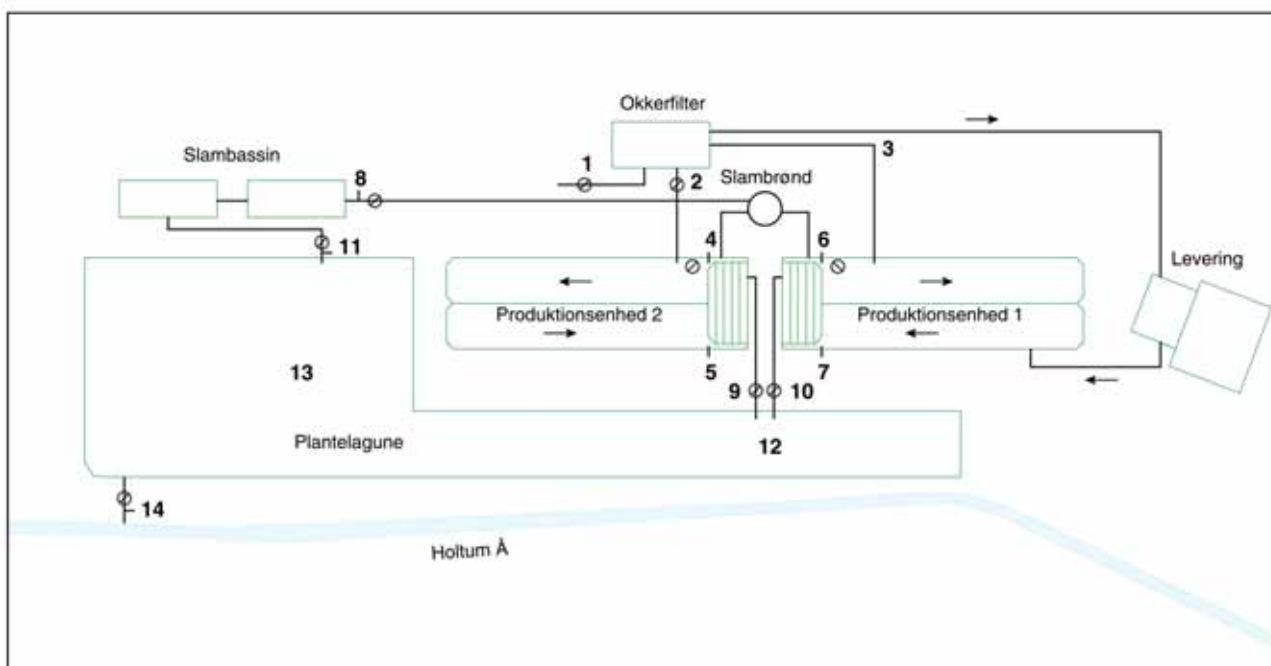
Ejstrupholm Dambrug er beliggende ved Holtum Å i Midtjylland (Løvbjergvej 23, Smedebæk, 7361 Ejstrupholm). Holtum Å er et tilløb til Skjern Å, der har sit udløb i Ringkjøbing Fjord, og et samlet opland på ca. 2400 km<sup>2</sup>. Ved dambruget er medianminimumvandføringen på ca. 620 l/s (*Vejle Amt, 2004*).

Dambruget er indrettet som et modeldambrug type III (*Pedersen et al., 2003*).

Dambruget består af 2 ens opbyggede produktionsenheder, der hver er underopdelt i 8 sektioner. I hver produktionsenhed ledes det recirkulerede vand igennem et biofilter, der er opdelt i 5 sektioner. Derudover er der leveredamme, hvorfra vandet ledes til produktionsenhed 1. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow. Vandet cirkulerer i produktionsenhederne ved at den beluftning som tilfører ilt til vandet også løfter dette nogle centimer. Beluftningen sker opstrøms i de enkelte sektioner i ca. 4 m dybe brønde. Slam opsamles i pyramideformede slamkegler i bunden af produktionsenhederne og pumpes sammen med skyllevand fra filtrene op i 2 slambassiner. Der er slamkegler i hele bredden nedstrøms hver sektion. Afløbsvand fra anlæggene og klaret vand fra slambassinerne ledes til en plantelagune hvorfra det efterfølgende løber i åen. Plantelagunen består af en del af de oprindelige jorddamme, kanaler og bundfældningsbassiner.

Hver produktionsenhed er 70 meter lang og 24 meter bred, med en vanddybde på ca. 1,5 meter. Plantelagunen har et areal på 8.050 m<sup>2</sup> med en middeldybde på knap 0,9 m. Totalt har dambruget et vandvolumen på ca. 13.000 m<sup>3</sup>, og med et vandindtag på gennemsnitligt 47 l/s i det første måleår og 43 l/s i det andet, (jf. kap. 5) giver det en opholdstid på henholdsvis 77 og 84 timer. Opholdstiden i produktionsanlægget inklusiv leveredamme er på henholdsvis 35 og 37 timer i de to måleår mod en forudsat minimumsopholdstid på 18,5 timer i produktionsanlægget for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).

Indtagsvandet løber igennem et okkerfilter og tilsættes kalk inden det indgår i produktionen.



**Figur 1** Ejstrupholm Dambrug, opbygning og vandflow. Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1.

## 2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kort indkøringsfase startede måleprogrammet på Ejstrupholm Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt den 23. juni 2005. Første måleår er derfor fra 23. juni 2005 til 22. juni 2006 begge dage inklusive, og 2. måleår er tilsvarende fra 23. juni 2006 til 22. juni 2007.

I hele måleperioden har der kontinuert (hvert 10. minut) været målt vandmængde, vandhastighed, vandstand, nedbør, ilt, temperatur og pH ved en eller flere målepunkter på dambruget (tabel 1). De instrumenter, som måler kontinuert er typisk tilsluttet en datalogger, hvorfra data overføres til en PC som er placeret på dambruget. Data overføres via Internettet fra PC'en til DTU Aqua og lægges ind i en fælles database som DTU Aqua og DMU anvender i projektet. Vandmængder måles i de fleste målepunkter med et elektronisk vandur. I udløbet er der ligeledes målt med vandur, da det samlede udløb fra dambruget sker via et rør. Vandstand måles dels med tryktransducer, i slambassinerne dog med en infrarød måler. Vandhastigheden i produktionsenhederne måles med dobbler-sensor. I *Svendsen & Bovbjerg (2004)* findes flere informationer om baggrund og krav til måleprogram og en række tekniske detaljer.

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
1	Vandindtag	K, F, S
2	Indløb produktionsenhed 2	F, S, N
3	Indløb produktionsenhed 1	~2
4	Nedstrøms biofilter produktionsenhed 2	K, V, H, S
5	Opstrøms biofilter produktionsenhed 2	K, S
6	Nedstrøms biofilter produktionsenhed 1	K, V, H, S
7	Opstrøms biofilter produktionsenhed 1	K, S
8	Indløb Slambassin	K, F, V
9	Udløb produktionsenhed 2	F
10	Udløb produktionsenhed 1	F
11	Udløb klaret slamvand	K, F
12	Plantelagune, øvre del	S
13	Plantelagune, midt	S
14	Udløb plantelagune/dambrug	K, F, S

**Tabel 1** Oversigt over målepunkter på Ejstrupholm Dambrug. Tallene til højere refererer til det konkrete målepunkt på figur 1. Der anvendt følgende forkortelser: K= prøvetagning for kemiske analyser; F = vandmængde; H = vandhastighed; V = vandstand; N = nedbør og S = llt, pH og temperatur.

Vandkemiske prøver er for indtagvand målt som en punktprøve (øjebliksprøve) ca. 1 gang pr. måned eller 15 gange i første og 12 gange i andet måleår. Der er hver gang taget punktprøve både op- og nedstrøms okkerfiltret for at tage højde for stoffjernelse af bl.a. jern i dette. Vandkemiske prøver fra både produktionsenhed 1 og 2 nedstrøms biofilter (svarende til afløb fra disse to produktionsenheder), i klaringsvandet fra slambassinerne samt i afløbet fra plantelagunen (samlet afløb fra dambruget) udtages hver 14. dag med en ISCO-glacier vandprøvetager. En prøve består af en puljet prøve over et døgn, hvor der i en stor flaske tages 100 ml delprøve hvert kvarter, svarende til 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. Prøverne står koldt (4° C) og mørkt i prøvetageren, der er udstyret med køleanlæg. Ved hvert målested er der målt i alt 27 gange begge måleår.

Herudover er der hver 14. dag taget vandkemiske prøver i forbindelse med henholdsvis tømning af slamkegler (samlet for de to produktionsenheder) og returskylning af biofiltre (samlet for de to produktionsenheder), idet der således ikke er skelnet mellem hvilken af de to produktionsenheder, der er tale om. Her tages også puljede prøver men delprøver er i 1 liter flasker, hvorfra der puljes. Afhængigt af hvor lang tid det tager at tømme slamkegler og returskylle biofiltre tages en række hyppige delprøver for repræsentativt at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med en ISCO 6712-1 vandprøvetager, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt, også denne prøvetager er udstyret med køleanlæg.

De vandkemiske prøver er analyseret for en række kemiske variable fastlagt i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*. Det fremgår af tabel 2, hvilke variable der analyseres for, afhængigt af om der er tale om vandprøve taget i indtagsvandet (grundvand), slamvand (ved tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre), afløb slambassin eller i produktionsanlæg og afløb fra dambruget. Analyserne er gennemført af akkrediteret laboratorium efter de standardanalysemetoder, der er foreskrevet ift. dambrug, herunder modificeret BI<sub>5</sub>.

Parametre	Program A	Program B	Program C
	Fuld pakke: Udløb fra Grundvand (ind- dambrug, op- og ned- tagsvand) strøms biofilter, afløb sættefiskanlæg og leveredamme		
Suspenderet stof (SS)	x	(x)	x
Modificeret BI <sub>5</sub>	x	(x)	x
COD	x	(x)	x
Total fosfor (P)	x	[x]	x
Orthofosfat-P	x	x	x
Total kvælstof (N)	x	[x]	x
Nitrat-nitrit_N	x	x	x
Ammonium_N	x	(x)	x

**Tabel 2** Vandkemiske parametre der analyseres for på de vandprøver, der er udtaget første og andet måleår på Ejstrupholm Dambrug. x i parentes angiver at disse parametre efter at være målt nogle gange kun måles 2-3 gange om året hvis det viser sig at værdien konsekvent er under detektionsgrænsen, mens x i kantet parentes viser at total kvælstof henholdsvis total fosfor ikke måles hver gang, hvis der ikke er signifikant forskel på totalen ift. de opløste fraktioner af kvælstof henholdsvis fosfor. BI<sub>5</sub> er et målt for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof end BI<sub>5</sub>, da det er et mål for det kemiske iltbehov for at omsætte det organiske stof. Ammonium er primært NH<sub>4</sub>-N.

Ved de målepunkter, hvor der udtages vandkemiske prøver måles hver 14. dag ilt, temperatur og pH med håndholdte præcisionsinstrumenter, som også anvendes ved kalibrering af de kontinuerte måleinstrumenter.

## 2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til dambrugets miljøgodkendelse af 17. august 2004 (*Vejle Amt, 2004*) må der i forsøgsperioden anvendes 379 tons foder pr. år. Foderkvotienten må ikke overstige 0,95 kg foder pr. kg produceret fisk.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 57 l/s som grundvand fra dræn under anlæg og vandløbsnære borer.

Udlederkravene, der i forsøgsperioden er fastlagt som hvor høj koncentrationen må være i dambrugets udløb, er:

- Suspenderet stof: 35,0 mg/l
- BI<sub>5</sub>: 8,3 mg/l
- Total fosfor: 0,59 mg/l
- Ammonium-N (NH<sub>4</sub>-N): 4,8 mg/l
- Total kvælstof: 7,2 mg/l

Krav til udledning af forurenende stoffer er fastsat uden hensyntagen til indhold af forurenende stoffer i indløbsvandet. Ved vurderingen af om kravene er overholdt anvendes tilstandskontrol for alle fem parametre

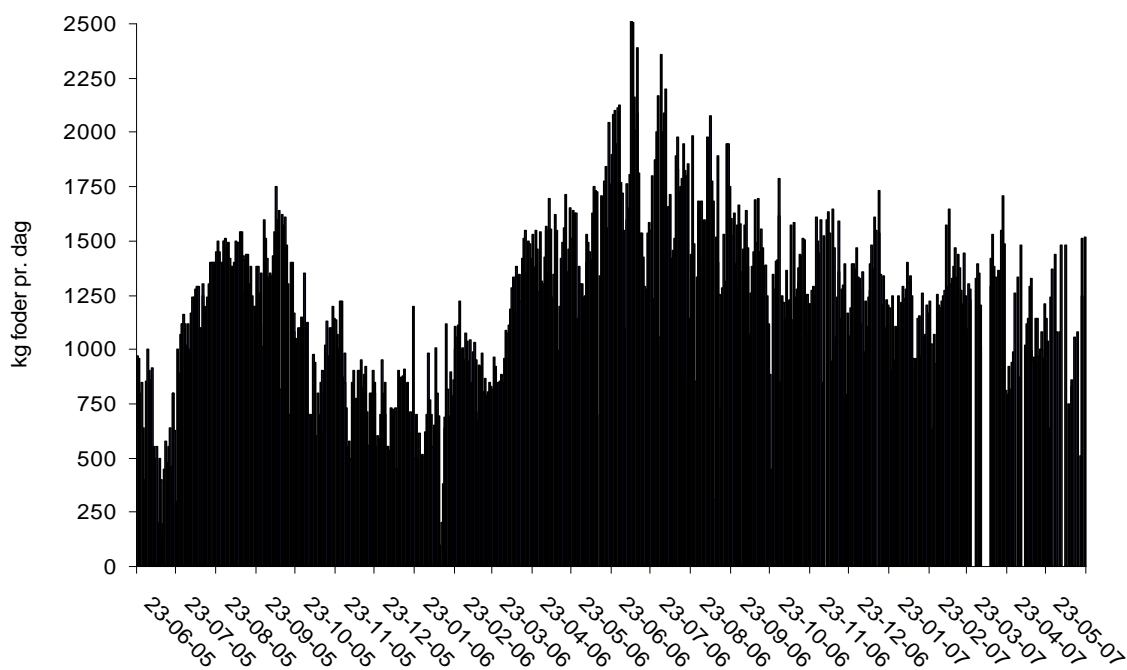
Miljøgodkendelsen foreskriver en plantelagune på minimum 16.000 m<sup>2</sup> og en samlet opholdstid over dambruget på ca. 80 timer.

## 3 Drift og produktion

### 3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Ejstrupholm Dambrug blev der i første måleår (23. juni 2005 til 22. juni 2006) anvendt 386,5 tons foder i dambrugets to produktionsanlæg, mens der i andet måleår (23. juni 2006 til 22. juni 2007) blev anvendt 461,0 tons foder.

På baggrund af oplyste start- og slutbestande, samt ind- og udfiskninger i perioden, blev der beregnet en produktion på henholdsvis 475,3 i første og 518,0 tons fisk inklusive døde fisk i andet måleår (figur 2). Dette giver en samlet foderkvotient (foderforbrug / fiskeproduktion inklusiv døde) på 0,813 i første måleår og 0,890 i andet måleår. Disse værdier vil ofte være noget lavere end foderkvotienter udregnet på baggrund af den endelige leverance af fisk fra dambruget. Heri indgår nemlig f.eks. typisk en kort periode hvor fiskene opholder sig i leveredam uden fodring, ligesom der typisk leveres en mindre procentdel ekstra fisk som kompensation for eventuelt senere tab i transport- og aftagerleddet.



**Figur 2** Det samlede foderforbrug i Ejstrupholm Dambrugs to produktionsenheder i begge måleår.

Til trods for at foderkvotient i andet måleår er lidt dårligere end i det første måleår, har driftsforholdene formentlig ikke været ringere i andet år. I løbet af andet måleår har dambruget nemlig tilegnet sig yderligere erfaring i drift af anlægget, herunder drift af biofilteret, slamhåndtering samt optimering af brugen af hjælpestoffer. Forskellen imellem foderkvotienterne de to måleår skal naturligvis ses med det forbehold, at der er en vis usikkerhed på beregningerne, idet de beror på en konsekvent registrering af fiskemængder ind og ud dambruget, hvorfor en helt præ-

cis registrering kan være vanskelig. Den primære grund til forskellen skal dog søges i faktorer som konkret fodersammensætning og anvendte råvarer, fiskestørrelse, tæthed, sygdomme samt temperatur og driftsforhold i øvrigt.

I tabel 3 er angivet hvilke fodertyper og mængder i dambrugets produktionsanlæg i de to måleår

Fodertype	Foderforbrug (kg)	
	1. måleår	2. måleår
Aller 576 (4 mm)	0	44.665
Aquavet S/T	650	10.570
Biofocus opt. start (1,5 mm)	50	0
Dan-Ex 2844 (2 og 3 mm)	385.534	395.447
Foder m. tribrissen	270	0
Ukendt fodertype (kg)	0	10.360

**Tabel 3** Fodertyper og mængder anvendt i produktionsanlægget på Ejstrupholm Dambrug i første og andet måleår.

### 3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen (produktionsbidraget) i de tre produktionsanlæg samt sættefiskanlæg er foretaget som beskrevet i (*Pedersen et al., 2003*). Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof),  $BI_5$  (letomsætteligt organisk stof), total kvælstof og total fosfor. Endvidere er bidraget af opløst kvælstof (hovedsageligt  $NH_4^+-N$ ) blevet udregnet (se nedenfor).

Produktionsbidragene er blevet reviderede ifh. til de tal som er afrapporteret i 1. års statusrapport (*Svendsen et al., 2006*). Det gennemsnitlige indhold af kvælstof (total-N) og fosfor (total-P) i hel regnbueørred er nemlig blevet revurderet på baggrund af resultater som indbefatter den seneste litteratur indenfor området (se bilag i faglige samlerapport). Således ansettes tallet for kvælstof i hel fisk nu til 2,75 % af fiskens totale vådvægt, og fosforindholdet til 0,43 %. De tidligere anvendte værdier var henholdsvis 3 % og 0,5 % vf. dambrugsbekendtgørelse. Litteraturgennemgang har vist, at indholdet af kvælstof og fosfor i regnbueørred påvirkes af fiskens størrelse, men at størrelseeffekten er lille. Dette gælder især indenfor de fiskestørrelser (ca. 300-1000 g) der normalt produceres i modeldambruget. Derfor er der ikke taget højde for konkrete fiskestørrelser i udregningen af produktionsbidrag for kvælstof og fosfor. Samlet betyder justeringerne en mindre stigning i produktionsbidragene af kvælstof og fosfor i forhold til de anvendte værdier i førsteårsrapporten (*Svendsen et al., 2006*).

Produktionsbidragene af organisk stof (COD og  $BI_5$ ) er også blevet reguleret og opjusteret i forhold til rapporten for første måleår. Årsagen er nye data for det stofbidrag og -tab, der sker direkte til vandfasen enten som opløst eller finpartikulært stof. Der er udført nye undersøgelser på disse tab for den mest anvendte fodertype fra hver af foderproducenterne Aller Aqua, Biomar og Dana Feed (se detaljer herom i faglig samlerapport).

Det bemærkes, at denne størrelse ikke kan forventes at være permanent for de anvendte fodertyper, da fiskefoder løbende udvikles og ændres med hensyn til råvarer og sammensætning, og disse forhold vil have betydning for produktionsbidraget og dets fordeling på henholdsvis partikulær og opløst form.

Udover kvælstof-bidraget fra fiskeproduktionen udregnes også bidraget af opløst kvælstof som primært udskilles over fiskenes gæller (hovedsageligt som  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ). Bidraget svarer til den totale mængde kvælstof som fiskene spiser, fradraget det kvælstof der indbygges i fisken (hvis indhold ansættes til 2,75 %, jf. ovennævnte) og det kvælstof, der udskilles i fækalier:

kg N udskilt som opløst ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )=

kg N indtaget – kg N indbygget i fisk – kg N udskilt som partikulært/opløst

Udregningen af produktionsbidrag (tabel 4) er sket på dagsbasis i hver af dambrugets 16 sektioner i produktionsanlægget, og bidragene er herefter summerede. Udover de konkrete foder-mængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemisk analyse er foretaget på de fleste foderleverancer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede, repræsentative fodertyper. I de ganske få tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen (her Aquavet S/T, Biomar), er der anvendt deklarerede værdier fra foderproducenten.

I leveredamme er der beregnet et produktionsbidrag af kvælstof på baggrund af generelle tal for stofomsætning hos fodertomme regnbueørreder. Der vurderes kun at være et marginalt bidrag af organisk stof (COD og  $\text{BI}_5$ ) fra leveredamme, idet dette forventes udskilt som kuldioksid ( $\text{CO}_2$ ). Ligeledes forventes kun et marginalt bidrag af fosfor fra leveredam, hvorfor bidraget af COD,  $\text{BI}_5$  og tot-P fra leveredam er sat til 0.

Måleår	COD	Mod. $\text{BI}_5$	Tot-N	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	Tot-P	Bidraget kommer fra
1	96.412	33.744	14.726	11.149	2.263	Produktionsanlægget
2	127.909	44.768	18.878	16.485	1.951	Produktionsanlægget
1	0	0	215	203	0	I forbindelse med levering
2	0	0	235	222	0	I forbindelse med levering

**Tabel 4** Produktionsbidrag (kg pr. år) fra de enkelte kilder for hvert af de to måleår på Ejstrupholm Dambrug.

### Fordøjelighedsforsøg

Som led i udregningen af produktionsbidrag er der udført fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fodertyper og foderleverancer (batches) til dambrugene i projektet. Princippet i disse kontrollerede forsøg er at undersøge, hvor stor en del af det indtagne foder og specifikke fedt-, protein- og kulhydrat-indhold i foderet, der udskilles via fækalier. Disse værdier er indsat i beregningerne af produktionsbidrag for den relevante batch. Hvis batchen ikke er undersøgt mht. fordøjelighed, er der anvendt gennemsnitstal for den relevante fodertype. I enkelte til-



fælde, f.eks. i forbindelse med leveringer af små fodermængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjelighed af foderet. Fordøjeligheden af træstof er i alle tilfælde sat til 0.

I andet måleår er der ikke udført fordøjelighedsforsøg på foderleverancer (batches) specifikt til Ejstrupholm Dambrug. Dog foreligger der repræsentative tal og tal fra 1. måleår, og i den samlede måleperiode er der udført fordøjelighedsforsøg på fem forskellige foderleverancer til dambruget.

Foderkvotienten er så vidt muligt beregnet for den enkelte sektion. Dette er kun muligt når en sektion tømmes fuldstændigt ved udfiskning. Værdien er indsat i udregningen af den konkrete sektion's produktionsbidrag. De beregnede foderkvotienter er blevet vægtede i forhold til det antal dage foderkvotienten er målt over, og de vægtede værdier er sammensat til et gennemsnit som er anvendt i de sektioner og perioder, hvor det ikke har været muligt at beregne foderkvotienten.

## **Foderspild**

I oktober 2007 blev der foretaget en foderspildsundersøgelse på Ejstrupholm Dambrug. Der blev anvendt sugning af bunden i en sektion i en af produktionsenhederne samtidig med at fiskene blev fodret. Der blev ikke i noget tilfælde fundet foderpiller i det opsugede vand. Der er dog det forbehold ved denne metode, at foderpillerne i et vist omfang kan blive opløst, om end det blev søgt undgået ved skånsom sugning. Det blev ved samme lejlighed konstateret, at foder fra en enkelt af foderautomaterne ikke blev ædt af fiskene i den dam, hvor automaten var opstillet. Foderet blev derimod ædt af fisk i næste dam nedstrøms. Hvis ikke denne dam havde været besat med fisk var foderet sandsynligvis blevet tabt til slamfælderne. Der blev på det pågældende tidspunkt anvendt flydefoder på dambruget, og dette havde man i følge dambruger god erfaring med. På baggrund af den konkrete undersøgelse, og den erfaring der i øvrigt er indhentet fra andre foderspildsundersøgelser under modeldambrugsprojektet, vurderes der ikke at være foderspild på Ejstrupholm Dambrug under normale driftsforhold. Undersøgelsen viser dog, at foderspild kan forekomme, som i det konkrete tilfælde hvor et pendul i en foderautomat var for løst indstillet.

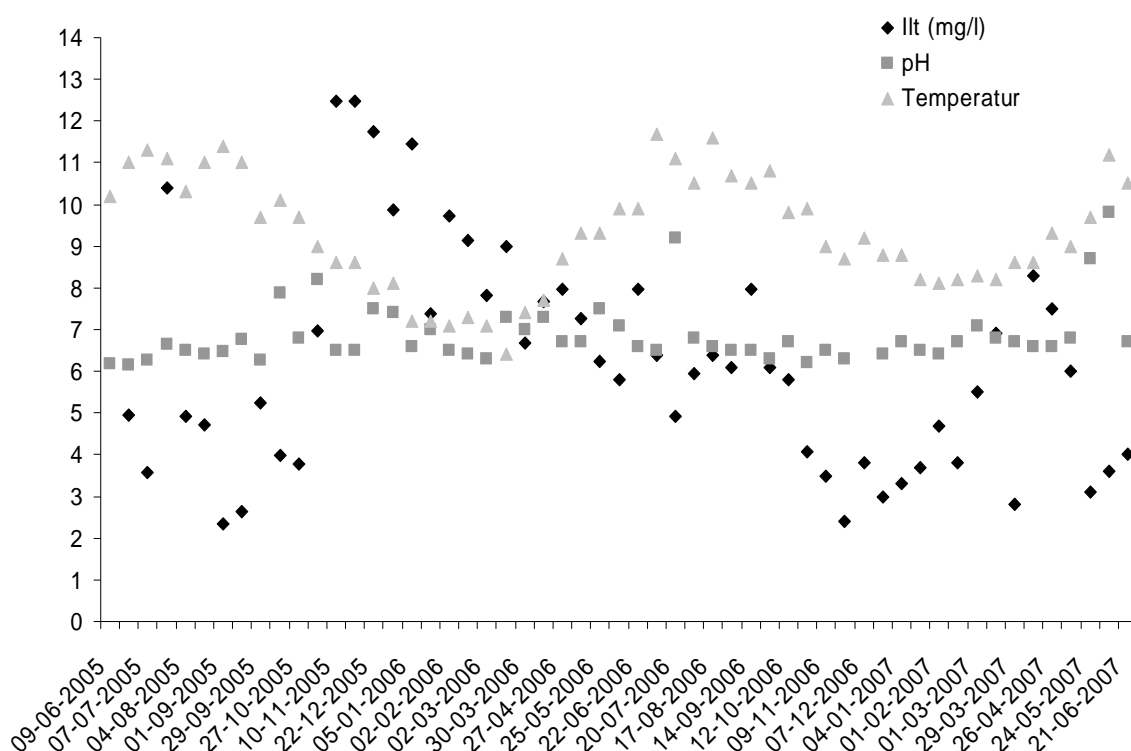
Det tidligere estimat på gennemsnitligt 1 % foderspild på Ejstrupholm Dambrug fastholdes derfor på baggrund af ovenstående. Dette begrundes i, at der forekommer et uundgåeligt spild fra fiskefoderet på grund af støv og smuld, samt at der som nævnt undertiden må forventes et mindre foderspild i forbindelse med dambrugsdrift. Dette spild estimeres til i alt 1 %. Resultaterne understøttes i øvrigt af foderspildsundersøgelser på andre modeldambrug under projektet, som også indikerer, at der ikke forekommer nævneværdigt foderspild under normal drift af modeldambrugene.

## 4 Temperatur, pH og ilt

Der er kontinuert (hvert tiende minut) foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen samt i afløbet fra lagunen svarende afløbet fra dambruget før beluftning. Her-til kommer, at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag måles temperatur, pH og ilt på dambruget. Dataene indsamles blandt andet med baggrund i lovmæssige krav og for bedre at kunne forklare de processer der foregår på dambruget, som f.eks. omsætning af organisk stof.

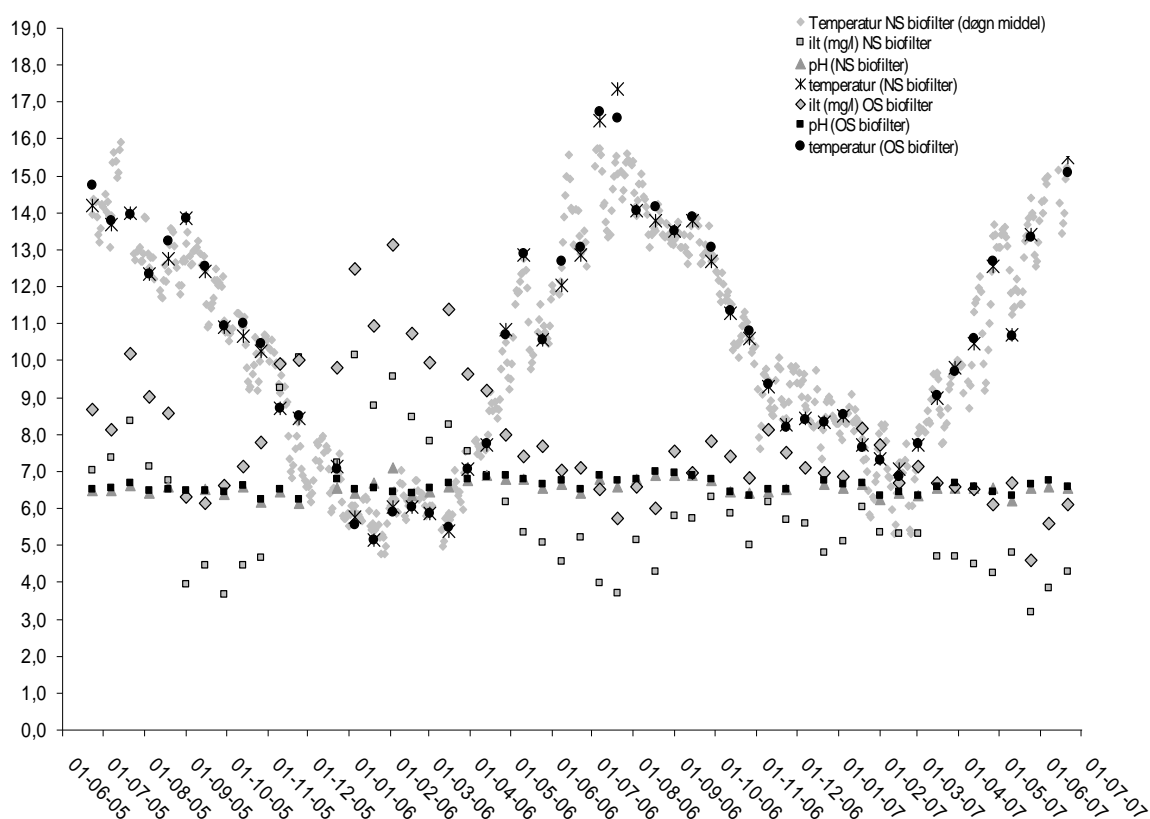
De kontinuerte registreringer har desværre ikke fungeret fuldt tilfredsstillende. Især den automatiske logning af ilt, og til dels pH, har været problematisk, idet sonderne ikke er blevet rengjort tilstrækkelig ofte, og idet de tilsyneladende er relativ følsomme overfor elektronisk støj fra andre kilder. På den baggrund er der kun medtaget kontinuerte målinger for temperatur (døgngennemsnit) i dette kapitel. pH- og iltmålinger, målt manuelt hver 14. dag, er medtaget i stedet for de kontinuerte registreringer, da disse målinger er foretaget med et håndholdt instrument, der var kalibreret og rengjort ved hvert besøg på dambruget.

Figur 3 viser temperatur (°C), pH og ilt for det grundvand, der indvindes på Ejstrupholm Dambrug ved okkerfilteret. Figuren viser en relativt svingende pH-værdi og moderate temperaturudsving (6-12 °C) i forhold til årstiden. Iltindholdet varierer en del imellem 2 og 13 mg/l.



**Figur 3** Temperatur (°C), pH og ilt (mg/l) målt hver 14. dag i indløbsvandet ved okkerfilteret på Ejstrupholm Dambrug.

I figur 4 er vist data fra dambrugets produktionsanlæg både nedstrøms og opstrøms biofilteret (udregnet som gennemsnit for de to produktionsenheder). De kontinuerte temperaturmålinger er alene foretaget nedstrøms biofiltrene.



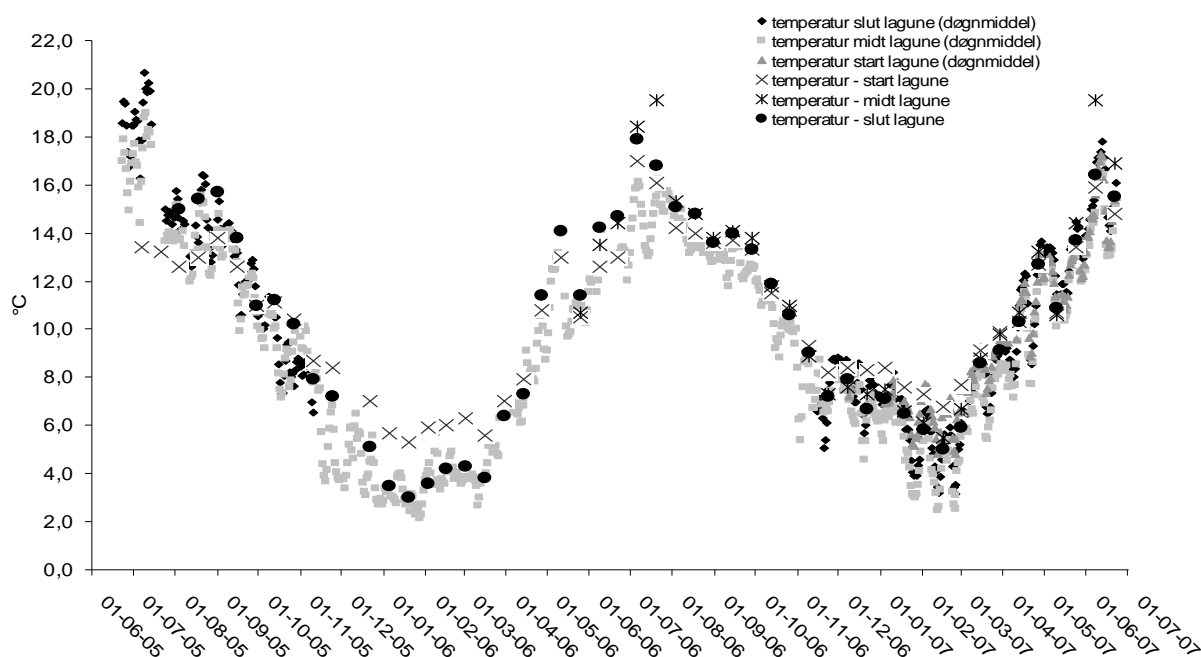
**Figur 4** Temperatur (°C), pH og ilt (mg/l) angivet som gennemsnitsværdier for de to produktionsenheder på Ejstrupholm Dambrug i begge måleår.

Vandets pH-værdi er ret stabil igennem hele måleperioden, og der er ikke forskel på pH opstrøms og nedstrøms biofilteret, idet den gennemsnitlige værdi på begge stationer var 6,6.

Temperaturmålingerne er ensartede opstrøms og nedstrøms biofilteret, og temperaturerne målt hver 14. dag viser god overensstemmelse med døgnmiddeltallene beregnet ud fra de kontinuerte temperaturmålinger. Vandtemperaturen i produktionsanlægget har kun varieret beskedne ca. 12 °C over de 2 måleår (fra ca. 5 til ca. 17 °C).

Vandets iltindhold er på grund af bakteriernes iltforbrug generelt væsentligt lavere nedstrøms biofilteret end opstrøms biofilteret. I første måleår var det gennemsnitlige iltindhold 9,0 mg/ opstrøms og 6,9 mg/l og nedstrøms biofilteret. I andet måleår var de tilsvarende værdier henholdsvis 6,8 mg/l og 5,0 mg/l. Det lavere iltindhold i andet måleår skal også ses i lyset af en mere intensiv fiskeproduktion, og dermed et forventeligt større iltforbrug i de to produktionsanlæg. Dog er det ukendt, i hvilket omfang eventuel beluftning før og af biofilteret indvirker på disse tal.

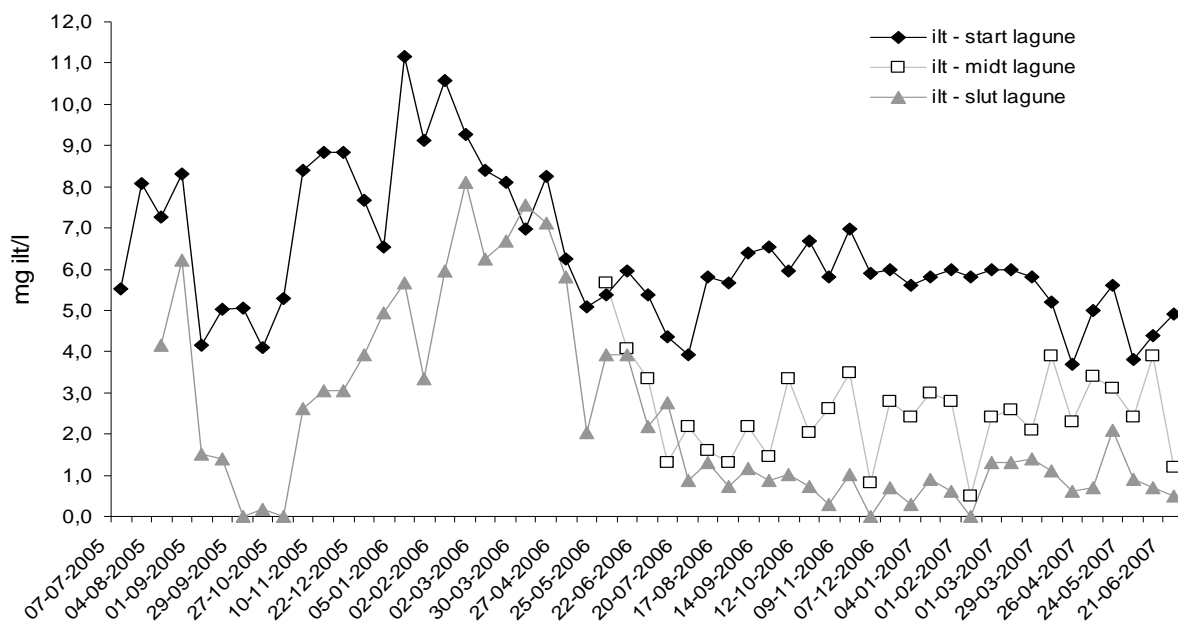
Vandtemperaturen i plantelagunen er vist i figur 5 for begge måleår. Der er angivet loggede temperaturer (udregnet som døgn gennemsnit) i indløbet til plantelagunens ("start lagune"), cirka halvvejs nede i lagunen ("midt lagune") samt i det sidste afsnit i plantelagunen inden beluftning af vandet ("slut lagune"). Endvidere er der angivet manuelle målinger foretaget hver 14. dag på de samme stationer. 14-dages målingerne (foretaget sidst på formiddagen) viser en afkøling af vandet ned gennem plantelagunen i kalenderårets første måneder mens opvarmning under plantelagunepassage finder sted i den sidste del af kalenderåret.



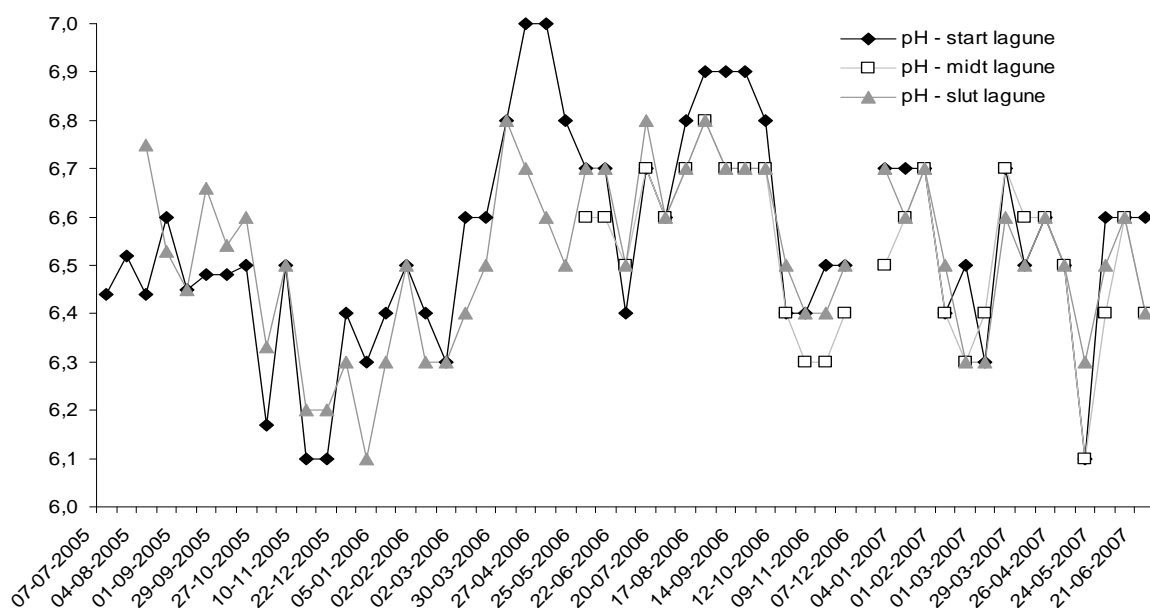
**Figur 5** Vandtemperaturen i plantelagunen på Ejstrupholm Dambrug i begge måleår. Der er målt kontinuerligt (døgn gennemsnit) og hver 14. dag på forskellige stationer som angivet i figuren.

Figur 6 viser, at iltindholdet falder ned gennem lagunen og at iltniveauet i første måleår generelt er højere end i andet måleår. Iltindholdet i plantelagunens indløbsvand svarer til iltindholdet i produktionsanlægget nedstrøms biofilteret, hvor afledning til plantelagunen fra produktionsanlægget sker. Der ses et fald i iltindholdet henover den toårige måleperiode ved "start lagune".

I plantelagunen er vandets pH-værdi (figur 7) lidt fluktuerende måske med en tendens til lidt højere pH-værdier i sommerhalvåret. Ellers er der ikke nogen særlig forskel imellem de enkelte stationer.



**Figur 6** Iltindhold (mg/l) målt hver 14. dag i plantelagunen på Ejstrupholm Dambrug. Der er målt tre forskellige steder i plante lagunen. Målinger "midt" i plantelagunen er først påbegyndt fra andet måleår.

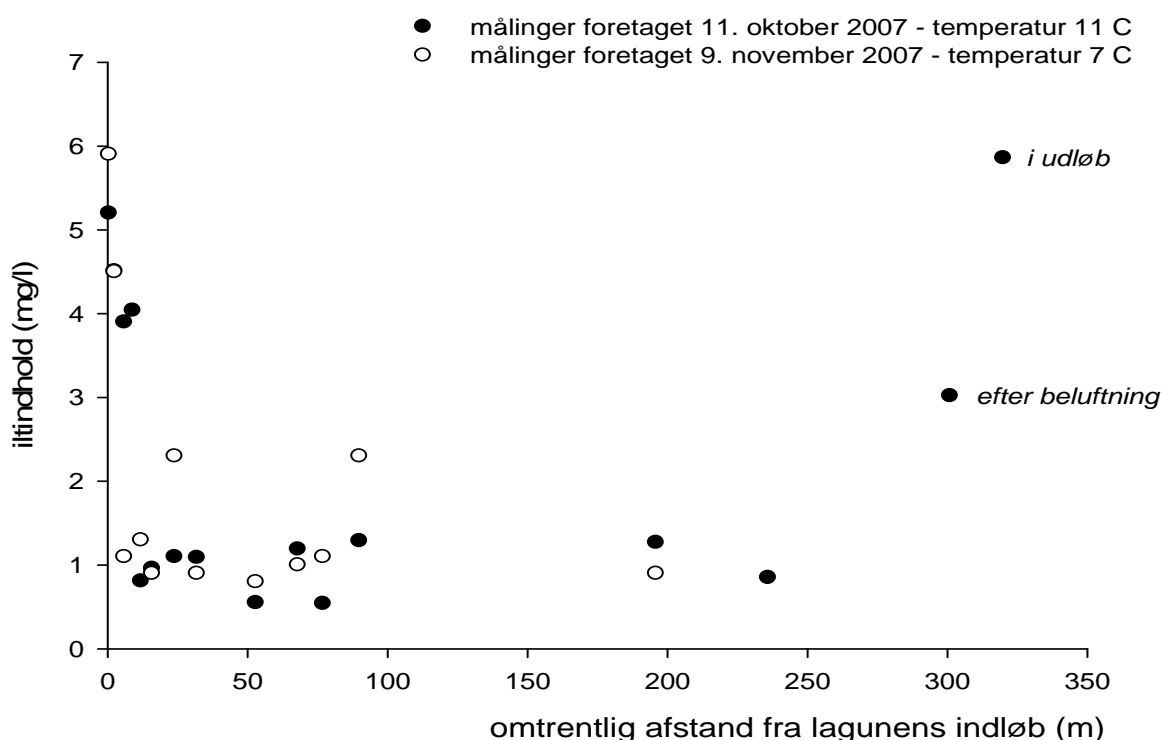


**Figur 7** pH målt hver 14. dag i plantelagunen på Ejstrupholm Dambrug. Der er der målt tre forskellige steder i plantelagunen. Målinger "midt" i plantelagunen er først påbegyndt fra andet måleår.

Udover de periodiske iltmålinger er der også foretaget specifikke iltmålinger i plantelagunen på to dage, den 11. oktober og igen den 9. november 2007, hvor vandtemperaturen var henholdsvis 11 og 7 °C. Der er foretaget iltmålinger i et længdeprofil (figur 8) ca. 20 cm under vandoverfladen til belysning af, hvor hurtigt ilt opbruges i plantelagunen, for at kunne vurdere muligheder for f.eks. denitrifikation og omsætning af organisk stof. Den angivne afstand fra et målepunkt ift. indløb af vand fra produktionsanlægget til plantelagunen er ikke nødvendigvis helt præcist, idet det er vanskeligt at følge vandstrømmen præcist gennem plan-

telagunen. Afstanden er målt efter hvor hovedstrømmen vurderedes at løbe.

Som det fremgår af figur 8, sker der en beluftning af vandet sidst i lagunen, hvilket bringer vandets iltindhold betragteligt op, og især ses en relativ høj værdi ved udløbet til åen. Der er ikke forskel i det gennemsnitlige iltindhold på de to dage på de samhörørende stationer i lagunen. Der blev målt gennemsnitligt 1,87 og 1,92 mg/ i henholdsvis oktober og november måned. Allerede omkring 10-20 m nedstrøms "lagune indløb" er iltindholdet i 20 cm under vandoverfalden halveret fra de maksimale 5-6 mg/l til knap 3 mg/l, og når herefter et minimum, som ud fra figur 8 ser ud til at blive bibeholdt frem til beluftningen sidst i plantelagunen. Den forholdsvis hurtige iltreduktion sker til trods for den moderate temperatur (7-11 °C).



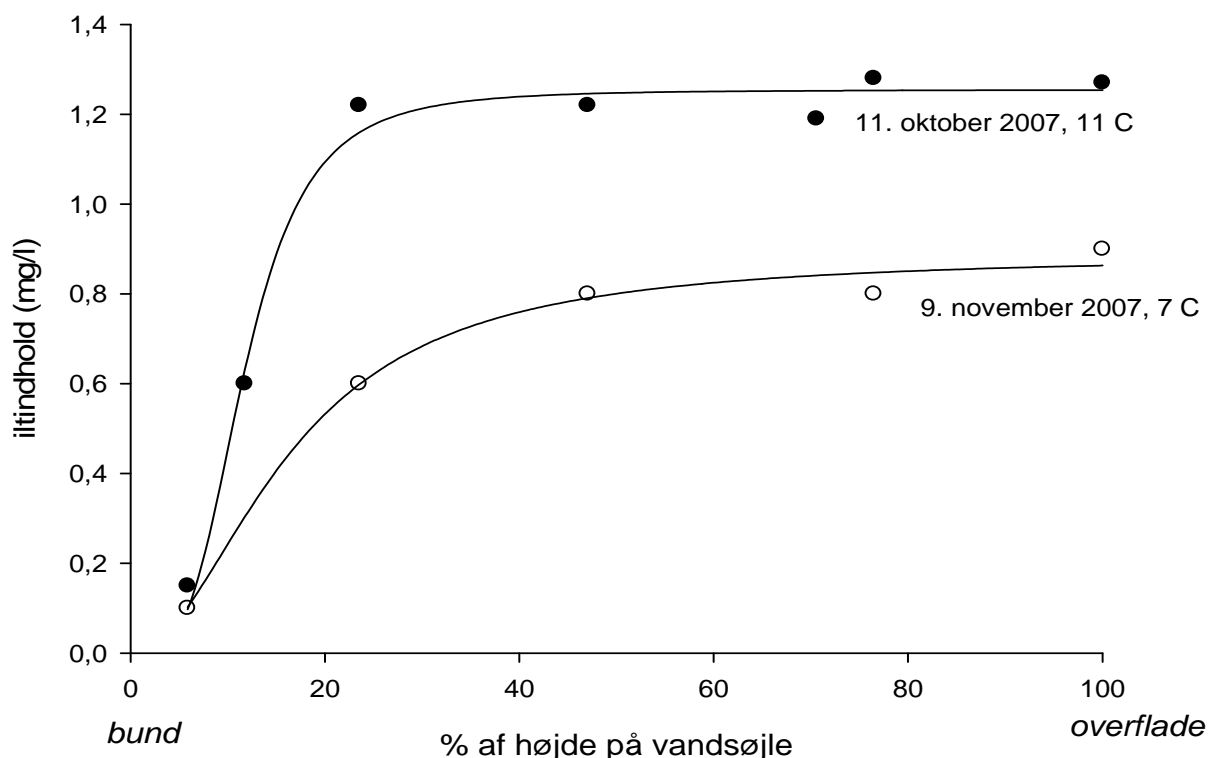
**Figur 8** Vandets iltindhold (mg/l) i forskellige afstande fra lagune-indløb på Ejstrupholm Dambrug. Målinger er foretaget i efteråret 2007.

På de samme dage blev der også opmålt et dybdeprofil af iltindholdet et sted i plantelagunen (ca. 200 m fra laguneindløbet), hvor dybden i plantelagunen var 85 cm. Tallene fra de to målinger er vist i figur 9, hvor iltindholdet (mg/l) sammenlignes med den procentvise afstand til bunden. Kurverne i figur 9 angiver de bedste regressioner ( $R^2 = 0,98$ , for begge kurver), og er beskrevet ved logistiske relationer:

$$y_{11. \text{ oktober}} = 1,25 / (1 + (x/11,72)^{-3,59})$$

$$y_{9. \text{ november}} = 0,89 / (1 + (x/16,31)^{-1,99})$$

Efter disse modeller er vandets maksimale iltindhold ( $x = 100\%$ ) henholdsvis 1,25 mg/l og 0,87 mg/l på de to dage. Disse max. værdier er halverede, dvs. iltindholdet er hhv. 0,63 og 0,44 mg/l, i vand der er 10-14 cm over bunden ( $x = 9,9$  cm hhv. 13,8 cm) ved en vandsøjlehøjde som her på 85 cm. Som det også fremgår af figuren, reduceres iltindholdet således kraftigt nær ved bunden. Dette indikerer en stor bakteriel aktivitet og stofomsætning, herunder at iltniveauet ved bunden potentielt giver gode muligheder for denitrifikation i sedimentet.



**Figur 9** Dybdeprofiler af iltindholdet (mg/l) i plantelagunen på Ejstrupholm Dambrug. Målingerne er foretaget i efteråret 2007. Vandtemperaturen var henholdsvis 11 og 7 °C.

Det faktum, at der både findes aerobe og anaerobe forhold i plantelagunen er umiddelbart en fordel eftersom det betyder, at der både findes ilt til omsætning af for eksempel organisk stof såsom  $\text{BI}_5$ , og at der samtidigt eksisterer nær iltfrie forhold ved bunden, hvor der er mulighed for denitrifikation af nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) til frit kvælstof ( $\text{N}_2$ ), som blot afgasser til atmosfæren. Denitrifikationen sker under forudsætning af, at der også er letomsætteligt organisk stof til stede. Eftersom stort set hele plantelagunens bund må antages at være tilsvarende "iltfri", er der således et stort areal tilgængeligt, hvor der potentielt kan ske denitrifikation.

## 5 Vandflow i dambruget

### 5.1 Måling af vandflow

Vandflowet bliver registreret kontinuert (hvert 10. minut) 9 steder i dambruget jf. tabel 1. Registreringen sker på de 7 af målestederne ved hjælp af flowmålere (vandure), der måler med en usikkerhed på mindre end 1 %. En del af flowmålerne har haft kortere perioder, hvor data er gået tabt, enten på grund af kabelbrud, fejl i datakommunikationen eller i selve måleren, samt grundet at enkelte af disse har stået under vand. I de pågældende perioder er dataserierne rekonstrueret ved hjælp af interpolation og korrelation til de øvrige målere. Problemerne har medført en mindre forøgelse af usikkerheden, og det vurderes, at usikkerheden på flowdata er mellem 0 og 5 %.

Måleren i udløbet med klaret slamvand var fra starten underdimensioneret og delvis tilstoppet, og der har været et overløbsrør, hvori mængden ikke er målt. Derfor er vandmængden i udløbet fra slambassinerne sat lig med indløbet hertil i første måleår. Måleren blev i sommeren 2006 erstattet med en større, så der i andet måleår er målt korrekt også på udløb.

Det recirkulerede flow i de 2 produktionsenheder bliver målt med doppler-sensorer, der måler middelstrømhastigheden kombineret med registrering af vandstanden. Til kalibrering af målingerne bliver flowet (vandføringen) målt med vingearbejd ca. en gang pr. måned. Sensorerne er monteret i afløbskanalen fra biofiltret. Disse målinger har en usikkerhed på ca. 5 %. Målingerne af recirkulationen er ikke medtaget i 1. års rapport, da det først er fra 2. måleår at Ejstrupholm Dambrug er blevet opgraderet til et intensivt målt dambrug.

I tabel 5 findes det gennemsnitlige flow opdelt på første og andet måleår. Det samlede vandindtag har i gennemsnit det første måleår været 47 l/s og 43 l/s i det andet måleår. Vandindtaget har således i begge år været noget mindre end de tilladte 57 l/s. Indtaget sker fra dræn under dambruget og borer placeret nær ved vandløbet og plantelagunerne.

Generelt er der en mindre forskel mellem indløbs- og udløbsflow i produktionsenhederne. Det skyldes, at der bliver ført vand væk i forbindelse med skylning af filtre og tømning af slamkegler, og at der bliver flyttet vand ved udfiskning og sortering. Der synes ikke at ske noget reelt vandtab fra produktionsenhederne.

Det gennemsnitlige interne flow i de 2 produktionsenheder på Ejstrupholm Dambrug er målt til henholdsvis 623 og 461 l/s i andet måleår.



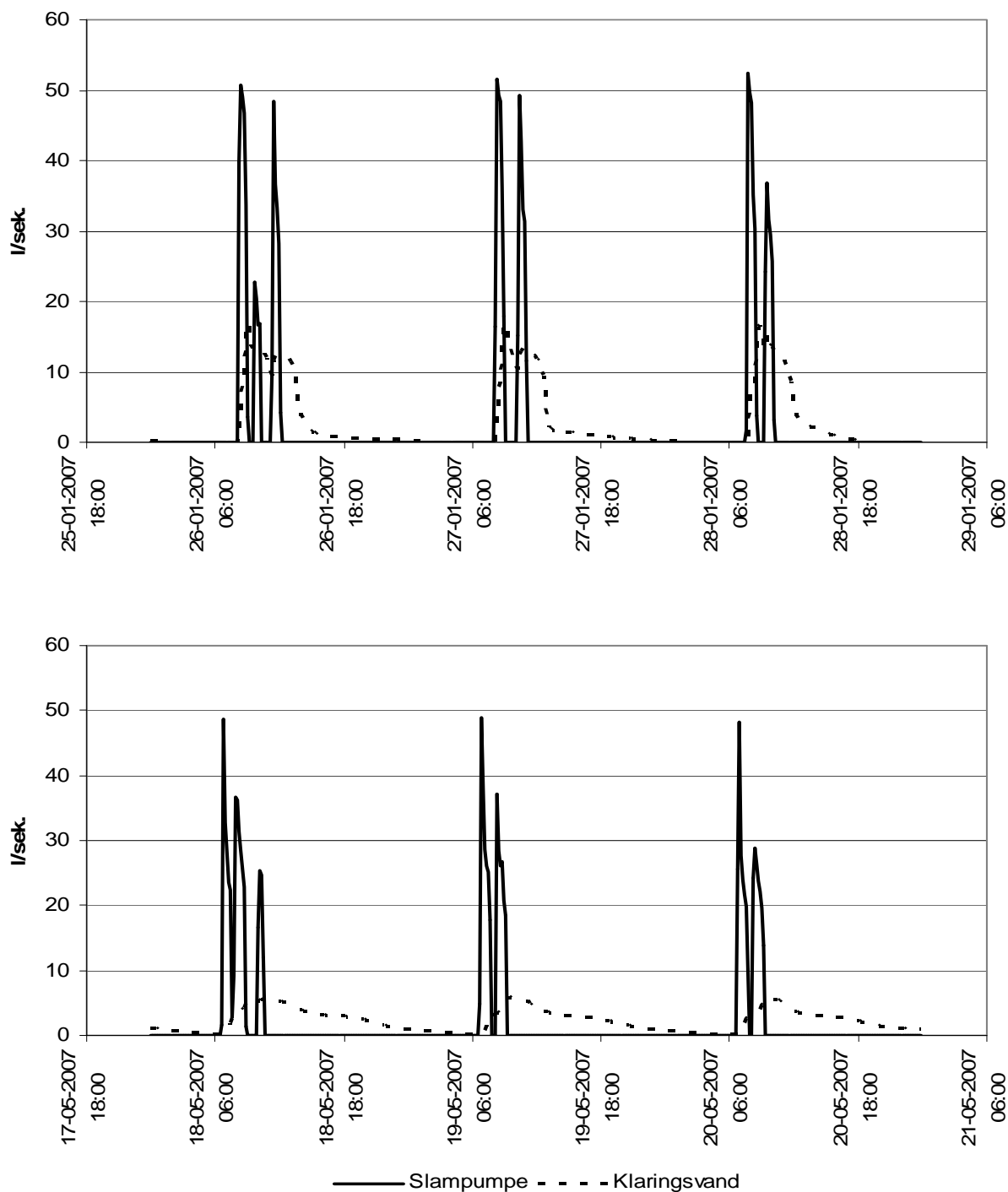
Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow l/s	
		1. måleår	2. måleår
1	Vandindtag (Indløb okkerfilter)	47	43
	Vandindtag (efter okkerfilter) (=1)	47	43
3	Indløb, produktionsanlæg 1 (1-2)	24	23
10	Udløb, produktionsanlæg 1	23	21
2	Indløb, produktionsanlæg 2	23	20
9	Udløb, produktionsanlæg 2	21	18
6	Efter biofilter, produktionsanlæg 1, recirkulation	581	623
4	Efter biofilter, produktionsanlæg 2, recirkulation	467	461
8	Indløb slambassin	2,2	2,9
11	Udløb, klaret slamvand	2,2	2,7
	Samlet tilløb til plantelagune (10+9+11)	46	42
14	Udløb plantelagune/dambrug	25	36

**Tabel 5** Vandflow (l/s) som gennemsnit ved de enkelte målesteder på Ejstrupholm Dambrug for 1. og 2. måleår.

## 5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamfælderne (kegler) i bunden af produktionsanlæggene tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret returskyllet. Alt slam bliver pumpet til slambassinerne. Slamkeglerne bliver tømt hver 2.-3. dag ved en kortvarig åbning og med en samlet varighed på ca. 20 minutter for hver produktionsenhed. Returskylningsproceduren for biofiltre foregår ved, at hver dag bliver én af de 5 sektioner, som biofiltrene i hver produktionsenhed består af, skyllet i ca. 30 minutter. Afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling m.v.

Under tømning og skylning pumpes ca. 50 l/s til slambassinerne. Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning og skylning er som middel opgjort til 2,2 l/s i første måleår og 2,7 i andet måleår. Det svarer til ca. 5 % af den mængde, der bliver taget ind til dambruget. Klaringsvandet, der afledes fra slambassinerne til plantelagunen begynder at løbe kort tid efter slampumpningen påbegyndes (figur 10). Da der er åbent for afløb fra slambassinet hele tiden øges afløb af klaringsvand umiddelbart efter tilførslen starter, hvilket kan medføre en risiko for at sedimentation og udfældning i slambassinet ikke bliver helt optimal. I begyndelsen af marts 2007 laves en ændring, således afløbshastigheden formindskes, og sedimentation må derfor formodes at blive forbedret lidt (figur 10 b).



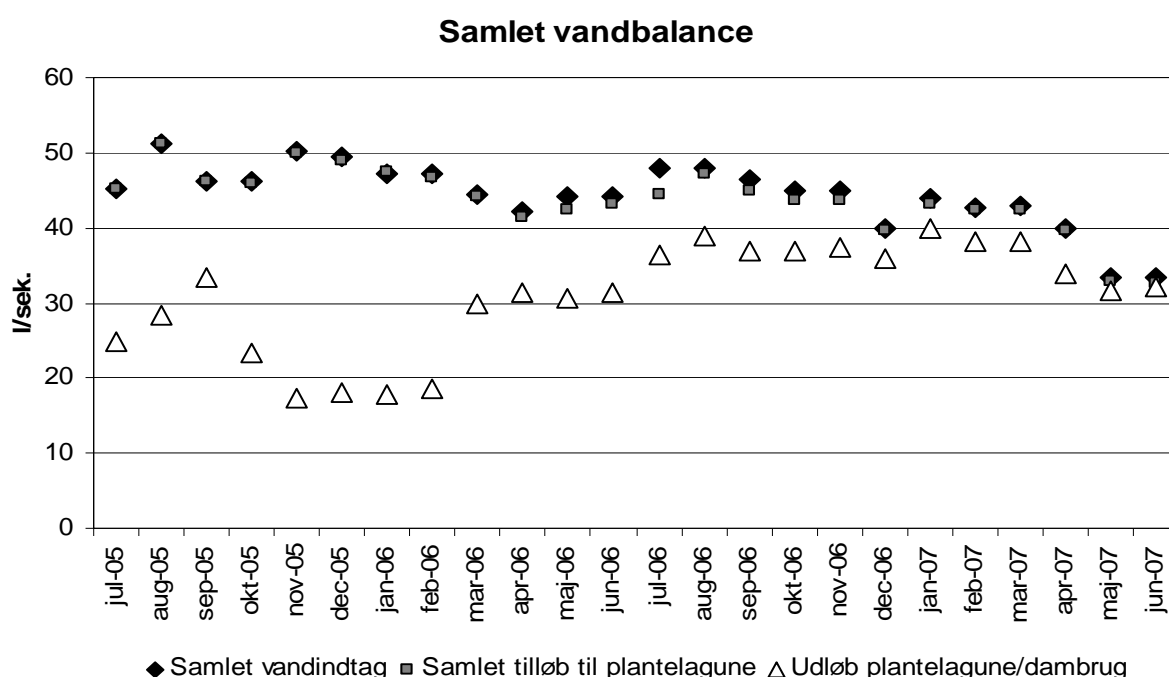
**Figur 10** Eksempler på skylning/tømning og afløb af klaringsvand fra slambassiner på Ejstrupholm Dambrug over 3 døgn i l/s. Øverst (a): januar 2007. Nederst (b): maj 2007 efter at afløbshastigheden fra slambassinerne er blevet reduceret.

### 5.3 Vandbalance

I første måleår er der et samlet vandindtag på 47 l/s og et samlet tilløb til plantelagunen på 46 l/s. I andet år er tallene henholdsvis 43 og 42 l/s. Der sker således kun et ubetydeligt tab i produktionsanlæggene, en difference som ligger indenfor måleusikkerheden.

Nedbør og fordampning over selve produktionsanlægget har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun vil tilføre hvad der som middel svarer til ca. 0,1 l/s.

Udløbet fra plantelagunen, og dermed dambrugets samlede afledning til vandløbet, var som middel for første måleår på 25 l/s og for andet måleår 36 l/s. Det samlede tilløb til plantelagunen var som middel henholdsvis 46 og 42 l/s i de to måleår (tabel 5). Der kan således konstateres et gennemsnitligt tab i lagunen på ca. 21 l/s i første måleår, men på kun 6 l/s i det andet måleår, svarende til et vandtab på henholdsvis 46 og 14 %. Tabet er særlig stort i en periode fra midten af oktober 2005 til og med februar 2006 (figur 11). Mod slutningen af måleperiode 1 aftager tabet, og ved slutningen af 2. måleår er tabet nærmest ubetydeligt.



**Figur 11** Samlet vandbalance over Ejstrupholm Dambrug, månedsmiddel i l/s.

Der kan findes 3 mulige forklaringer på tab af vand fra plantelagunen, som primært fandt sted i 1. måleår:

1. Der sker en nedsivning fra bunden af plantelagunen til grundvandet
2. Der sker en nedsivning til dræn og boringer til dambrugets indvinding
3. Der er utætheder i afgrænsningen mellem plantelagunen og vandløbet

Ad 1. Hvis grundvandstanden er lavere end vandstanden i plantelagunen kan der være en nedsivning fra disse. Afhængig af grundvandets strømningsretning, vil en andel af det tabte vand kunne strømme til vandløbet eller evt. i løbet af mange år via grundvandet til havet.

Grundvandstanden vil bl.a. være afhængig af nedbørmængden som var 55 % større i andet måleår sammenlignet med først måleår.

Ad 2. Nedsivning hvis grundvandstanden er lavere som under punkt 1, men da indvindingen af vand til dambruget sker fra dræn og overfladenære borer i umiddelbar nærhed af plantelagunerne, kan en andel af nedsivningen strømme hertil og dermed blive genanvendt i produktionen.

Ad 3. Utætheder og udsivning vil kunne opstå, hvis der er en snæver afgrænsning med smalle dæmninger mellem plantelagune og vandløb. På Ejstrupholm Dambrug ligger plantelagunerne ikke nogen steder direkte op til vandløbet, så det vurderes ikke at udsivning gennem dæmninger har betydning for tab af vand.

På Ejstrupholm Dambrug kunne tabet skyldes en kombination af alle 3 processer. Det virker sandsynligt, at der skete nedsivning til grundvand, da ådalens materiale er grus/sand. Det forekommer også sandsynligt at en del af det nedsivende vand kunne strømme til vandindtaget i dræn og borer. Hvor meget nedsivning, hvor stor en andel, der strømmer til borerne og hvor meget der sivede ud til vandløbet, kan ikke vurderes på det foreliggende datagrundlag. I kapitel 9 og 12 omtales betydningen af vandtabet ift. beregnede rensegrader over plantelagunerne.

En del af tabet i første driftsår skyldtes også direkte utætheder mellem plantelagune og vandløbet. Et gammelt bygværk med afløb til vandløbet tæt ved det egentlige afløb fra dambruget har ikke været tæt, og ved høj vandstand i plantelagunen har der kunnet forekomme direkte overløb. Den lange periode i første måleår fra midten af oktober 2005 til udgangen af februar 2006, hvor der har været særligt stort vandtab, har formodentlig sammenfald med overløb fra dette bygværk. Det ekstraordinært store tab i denne periode er skønsmæssigt sat til ca. 10 l/s. Endvidere har amtet i maj 2006 konstateret, at der gennem en længere periode i første måleår har været et mindre afløb fra den nedre del af plantelagunen (inden afløbet fra plantelagunerne til vandløbet) gennem en grøft, der løber over en mark nedstrøms dambruget. Hvor længe og hvor meget der er afstrømmet vides ikke, men der er tale om ganske få liter pr. sekund.

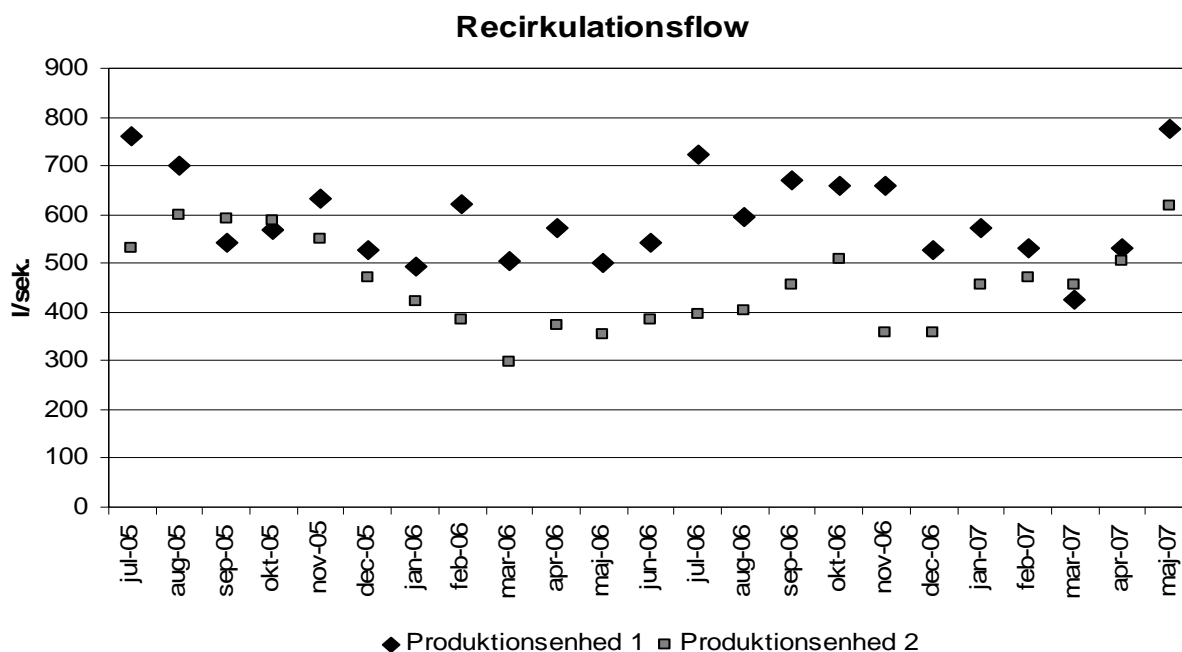
I perioden december 2006 – januar 2007 faldt der ekstremt meget nedbør, hvor der blev registreret 2 - 3 gange mere end normalt for regionen. Sommeren 2007 var også meget nedbørsrig. Dette bevirker en øget grundvandstand og dermed vil udsivning fra plantelagunen i andet måleår reduceres og kan i perioder evt. være blevet vendt til en indsivning. Den meget nedbør kan også give anledning til kortere perioder med overfladisk afstrømning i ådalen, som kan tilføre vand til plantelagune. Endelig forekommer det sandsynligt, at der med tiden sker en mindskeelse af infiltrationskapaciteten i bunden af plantelagunen grundet ophobning af fine partikler i den øverste del af sedimentet i plantelagunens bund. Samlet har disse processer bidraget til det reducerede vandtab over plantelagunen i andet måleår.

Som for produktionsanlægget har nedbør og fordampning over selve plantelagunen kun ubetydelig indflydelse på middel-vandbalancen, som på et år maksimalt kan udgøre ca. 0,3 l/s.

## 5.4 Recirkulationsflow

Recirkulationen bliver drevet af luftpumperne i anlægget, så variationer i flowmængden vil også være en funktion af behovet for iltning. Derfor vil der typisk være tendens til større flow i sommerperioden. Dette fremgår også af figur 12, der viser månedsmiddel for recirkulationsflowet i de 2 produktionsenheder for begge måleår. Flowet svarer til, at den gennemsnitlige strømhastighed i produktionsenhedernes sektioner med fisk er henholdsvis ca. 7 cm/s og ca. 5 cm/s i hhv. produktionsenhed 1 og 2 i begge måleår.

Med et gennemsnitligt vandindtag på 47 l/s i første og 43 l/s i andet måleår ( $Q_i$ ) og en samlet recirkulering på de to produktionsanlæg på henholdsvis 1048 og 1084 l/s ( $Q_r$ ) (tabel 5) betyder det, at recirkulationsgraden kan opgøres til 95,5 hhv. 96,0 %, beregnet som  $(Q_r - Q_i)/Q_r$ . For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.



Figur 12 Recirkulationsflow (l/s) i Ejstrupholm Dambrugs 2 produktionsenheder, månedsmiddel.

## 5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug kan det opgøres, at der på Ejstrupholm Dambrug er brugt 3.835 liter vand pr. kg foder i første måleår og 2.942 liter i andet år, svarende til henholdsvis 3.118 og 2.618 liter vand pr. kg produceret fisk. Dette er en faktor 10-15 lavere end i et traditionelt gennemstrømningsdambrug.

## 5.6 Hydraulisk belastning af lagune

Baseret på det beregnede areal af plantelagunerne (se kapitel 10.3) har den gennemsnitlige hydrauliske belastning af plantelagunen været ca.

0,006 l pr. m<sup>2</sup> plantelagune i både første og andet måleår. Det er ca. en tredjedel af den forudsatte maksimale belastning på 1 l pr 48 m<sup>2</sup> plantelagune i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).

## 6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

Dette kapitel gennemgår stofkoncentrationen beregnet i forskellige målepunkter på Ejstrupholm Dambrug. De forskellige figurer omfatter både første og andet års måleresultater, hvilket giver en præsentation af den samlede måleperiode og muliggør en sammenligning mellem de to måleår i samme graf.

I tabel 6 er beregnet gennemsnitskoncentration for de analyserede, udtagne vandprøver i det andet måleår ved forskellige målestationer på Ejstrupholm Dambrug. Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne over andet måleår. Det giver et billede af, hvordan der tilføres stof ved fiskeproduktionen i produktionsanlægget og hvordan der fjernes stof via bl.a. slamkegler, biofiltre, slambassin og plantelagune. Det bemærkes, at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler er meget høje for alle kemiske variable på nær for nitrit+nitrat kvælstof. Koncentrationerne i skyllevand fra biofiltrene er noget højere for total kvælstof og total fosfor, organisk stof og suspenderet stof end de tilsvarende koncentrationer i afløbet fra de to produktionsenheder. Desuden er værdierne generelt meget høje i klaringsvand (afløbsvand fra slambassinene) større eller på niveau med koncentrationerne i skyllevand fra biofiltre. Der er ikke den store forskel i de kemiske koncentrationer nedstrøms biofiltrene (afløb til plantelagunen) fra de to produktionsenheder og det samme gælder for standardafvigelse, hvorfor det må konkluderes at koncentrationsforholdene for de 2 produktionsenheder overordnet set har været ret ens i det andet måleår. Da Ejstrupholm Dambrug først blev opgraderet til intensivt målt dambrug fra det andet måleår, er det ikke muligt at vurdere på forskelle og ligheder omkring koncentrationsforhold for de to produktionsenheder i første måleår.

Spredningen på koncentrationerne i det andet måleår er størst for målestationer med høje koncentrationer som skyllevand fra biofiltre, slam fra tømning af slamkegler og afløb fra slambassin (klaringsvand). Spredning på koncentrationerne for indtagsvandet er generelt lave, dog er spredning udtrykt ved variationskoefficienten relativt høj for  $BI_5$ .

Spredningen, udtrykt som procent af gennemsnitskoncentrationen (dvs. variationskoefficienten) for alle målestationer under et, viser for andet måleår (tabel 7) at den største spredning findes for nitrit+nitrat kvælstof med 99 % og orthofosfat fosfor med 80 % og lavest for total kvælstof og COD med 30-38 %. Variationskoefficienten har været højere for fosfor og organisk stof i andet måleår samt især for nitrat kvælstof.

Målested	Susp. stof		NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>23</sub> -N		Total-N		Ortho-P		Total-P		BI <sub>5</sub>		COD	
	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Indløb okkerfilter	5,9	4,0	0,5	0,2	1,3	0,2	1,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,4	7,6	2,8
Vandindtag NS okkerfilter	4,6	2,0	0,4	0,2	1,4	0,2	1,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	7,5	2,3
OS biofilter prod. enhed 1	6,3	3,0	6,4	3,4	6,7	3,3	14,1	2,9	0,2	0,2	0,4	0,2	4,8	1,9	26,0	6,1
Afløb biofilterskyl prod. enhed 1	567	319	7,6	4,8	2,9	3,7	34,8	10,1	0,4	0,5	15,9	9,8	133	111	593	317
Afløb slamkegler prodenhed 1	3.856	1.976	20,3	9,8	0,5	0,7	190	115	16,2	7,9	165	103	2.778	2.552	6.450	4.197
NS biofilter, prod. enhed 1	6,1	4,0	6,1	3,4	6,9	3,3	14,7	3,0	0,2	0,1	0,4	0,2	4,5	1,5	24,3	5,2
OS biofilter prod. enhed 2	7,3	4,8	7,3	3,8	5,2	3,2	13,7	3,8	0,1	0,1	0,3	0,2	5,5	2,2	27,4	7,6
Afløb biofilter prod. enhed 2	727	399	7,1	4,4	2,6	2,6	40,2	13,8	0,2	0,2	18,1	9,4	143	94,0	702	318
Afløb slamkegler prodenhed 2	3.792	2.625	22,0	6,8	0,2	0,3	150	67,6	16,0	9,1	133	60,7	2.460	1.477	5.612	2.855
NS biofilter, prod. enhed 2	6,1	3,7	7,1	3,7	5,3	3,3	13,6	4,1	0,1	0,2	0,3	0,2	4,5	1,8	25,0	6,3
Klaringsvand slambassiner	245	156	25,2	12,9	0,2	0,5	41,5	15,3	0,6	0,5	7,9	4,0	217	125	526	246
Udløb fra dambrug (år 2)	7,5	3,8	6,8	2,8	3,2	2,4	11,0	2,0	0,1	0,1	0,3	0,1	2,8	1,1	24,1	5,7
Udløb fra dambrug (år 1)	2,9	0,7	2,3	1,0	5,8	0,4	8,7	0,04	0,07	0,01	0,18	0,01	1,8	0,3	15,9	2,9

**Tabel 6** Gennemsnitskoncentrationen for kemiske variable forskellige målesteder på Ejstrupholm Dambrug. OS = opstrøms; NS = nedstrøms for 2. måleår. Til sammenligning er medtaget tilsvarende værdier for udløb fra dambruget for første måleår.

	Susp	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>23</sub> -N	Total N	Ortho P	Total P	BI <sub>5</sub>	COD
Std % 1. år	60	55	27	43	74	39	32	27
Std % 2. år	58	49	99	30	80	48	64	38

**Tabel 7** Gennemsnittet af procentuelle standardafvigelser (variationskoefficienten) for de kemiske koncentrationer i procent for første og andet måleår for Ejstrupholm Dambrug. Den procentuelle standardafvigelse er beregnet for hvert målested for de enkelte parametre. Derefter er gennemsnittet for de procentuelle standardafvigelser beregnet for hver parameter.

De følgende figurer viser en række koncentrationsforløb ved målepunkter, hvor der udledes betydende stofmængder til plantelagunen, dvs. afløbet fra de 2 produktionsenheder til plantelagunen og klaringsvand fra slambassinerne vist for begge måleår. Koncentrationsniveauerne indikerer også hvordan driften er forløbet over tid.

Udviklingen i kvælstoffraktionernes koncentrationer viser for produktionsenhed 1 at sommeren 2005's høje niveau af total kvælstof (op til ca. 20 mg/l) efterfølgende falder frem til oktober 2005 til ca. 10 mg/l, hvorefter det stiger igen til ca. 20 mg/l frem til juni 2007 (figur 13). Nitrit+nitrat kvælstof koncentrationen er generelt højest om sommeren og ammonium kvælstof er også højest i sommerhalvåret, men der er store variationer gennem de to måleår bl.a. grundet variation i udfordring og stående bestand.

For produktionsenhed 2 falder total kvælstof fra sommeren 2006 (22 mg/l) frem til december 2006 (9 mg/l) før den stiger igen til ca. 22 mg/l i juni 2007, men her følger ammonium kvælstof koncentrationen i højere grad det tilsvarende koncentrationsforløb for totalkvælstof (figur 14). Generelt ligger nitrit+nitrat kvælstof lavere i andet måleår for begge produktionsanlæg end i det første måleår samtidig med et højere foderforbrug. Overordnet ligger ammonium-kvælstof koncentrationen tilsvarende højere i andet måleår

Udviklingen i fosforkoncentrationen er relativ ens i begge produktionsanlæg. Det starter i andet måleår med et højt sommerniveau af total fos-



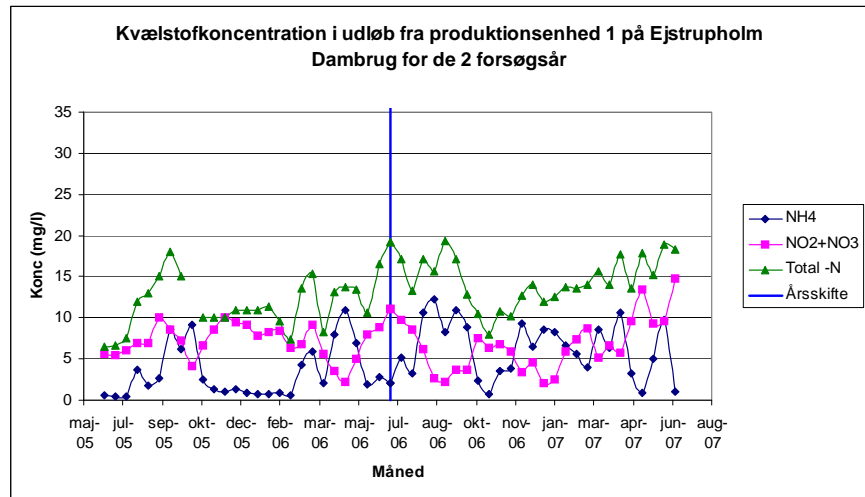
for på ca. 0,6 mg/l for derefter at falde til ca. 0,1 mg/l i oktober for på ny at stige i foråret 2007 og slutte på ca. 0,7 mg/l i maj-juni 2007, som er de højeste koncentrationer der er målt over begge måleår (figur 15-16). Der er en markant forskel mellem de to måleår idet der i første måleår er høje koncentrationer i perioden oktober til december 2005 i modsætning til 2006, hvor de laveste koncentrationer findes i denne periode. Fosforudviklingen i andet måleår forløber mere som forventet, hvor foderforbruget har været mindst om efterår og vinteren. I begge måleår findes hovedparten af fosfor på opløst form som orthofosfat.

Koncentrationen af organiske stof målt som BI<sub>5</sub> nedstrøms biofiltrene i de 2 produktionsenheder ligger omtrent på samme niveau i begge måleår (figur 17-18). For COD er der forskelle mellem de to produktionsenheder, idet COD følger udviklingen fra fosfor og kvælstof med højere sommerkoncentrationer og lavere koncentrationen om vinteren i produktionsenhed 2, hvorimod COD koncentrationen i produktionsanlæg 1 kun har været marginal lavere om vinteren end i den øvrige periode. Den samme tendens som findes i øvrigt for totalkvælstof i produktionsenhed 1. Koncentrationen af suspenderet stof ligger på det samme niveau for begge måleår i begge produktionsenheder.

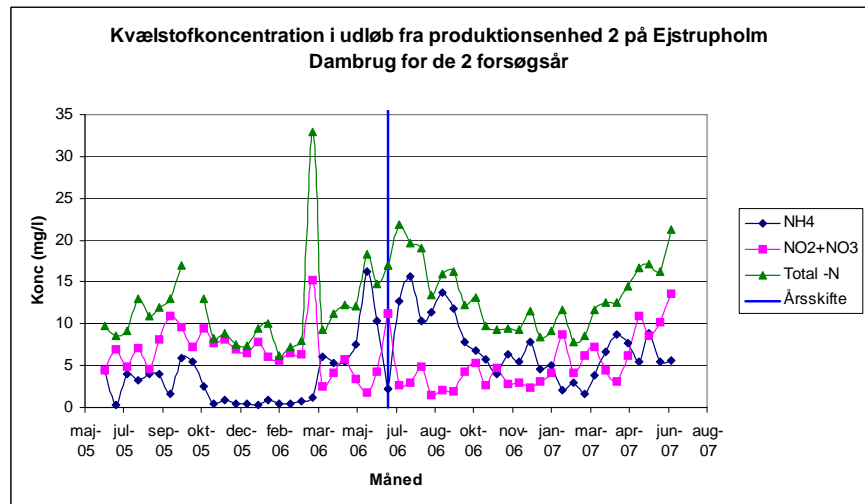
De sæsonbetingede variationer i fosforkoncentrationer for begge produktionsenheder ses ikke i samme omfang i koncentrationen af kvælstof og organisk stof i produktionsenhed 1. Det kunne indikere, at biofiltrene ikke har kørt ens i de to produktionsenheder.

Et betydeligt bidrag til plantelagunen kommer med klaringsvandet fra slambassinerne (figur 19-21). I det andet måleår er koncentrationen af alle stoffer størst i perioden juli- september 2006 og der er et fald gennem måleåret for alle parametre men med en mindre koncentrationstop i perioden december 2006-februar 2007. Koncentrationerne stiger gradvist fra omkring marts 2007 til juni 2007, hvor det når ca. samme niveau som juni året før. Generelt har niveauerne i andet måleår været højere end i første måleår for fosfor og kvælstofkomponenterne samt COD. Koncentrationsforløbet for organisk stof målt som COD følger overordnet koncentrationsforløbet for total kvælstof og total fosfor, dvs. forholdet mellem disse stoffer er relativt konstant over det andet måleår.

I modsætning til vand fra produktionsenhederne, indeholder klaringsvandet næsten ikke nitrat-kvælstof, men meget ammonium-kvælstof og en del organisk kvælstof (forskellen mellem total, ammonium og nitrat-nitrit kvælstof). I slambassiner denitrificeres nitraten, hvor hovedparten bliver til frit kvælstof, der afgasser, mens der dannes en mindre andel ammonium kvælstof. For fosfor udgør den opløste del kun en mindre del af det totale fosfor, idet hovedparten af det fosfor, der tilføres slambassinerne, er partikulært bundet. Med klaringsvandet tilføres plantelagunen en del finpartikulært materiale med tilhørende partikelbundet kvælstof, fosfor og organisk stof.

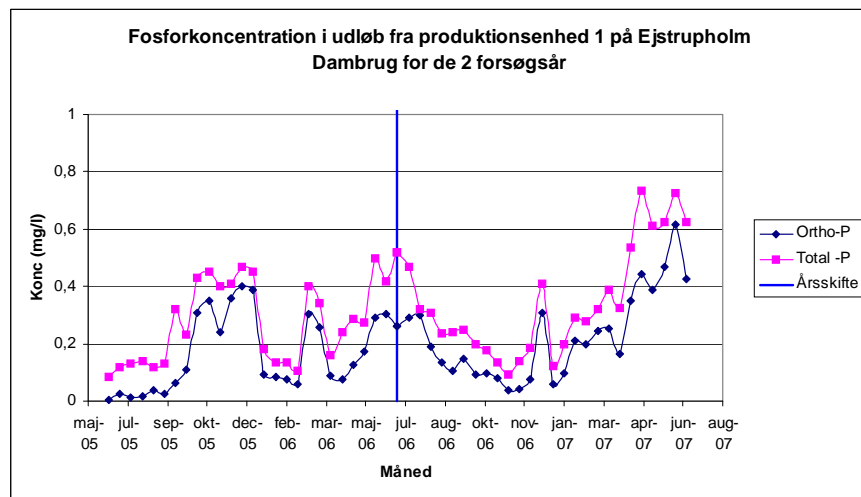


**Figur 13**

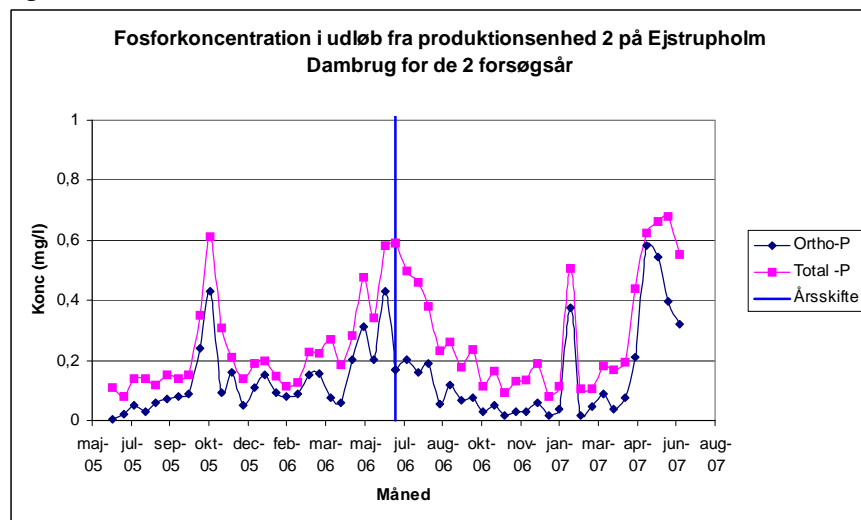


**Figur 14**

Koncentrationsudvikling i de to produktionsenheder (produktionsenhed 1 figur 13 og produktionsenhed 2 i figur 14) på Ejstrupholm Dambrug over de to måleår for ammonium, nitrit+nitrat samt total kvælstof nedstrøms biofiltre, hvilket svarer til koncentrationerne i det vand, der løber ind i plantelagunen fra produktionsenhederne.

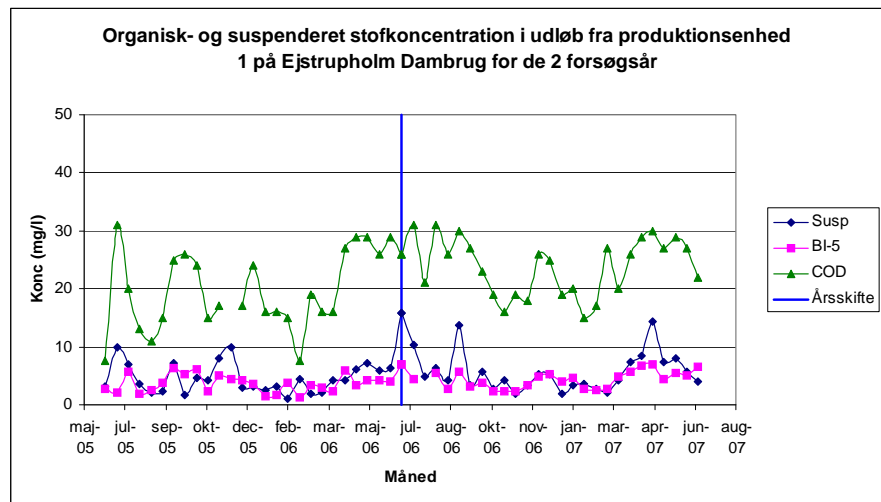


**Figur 15**

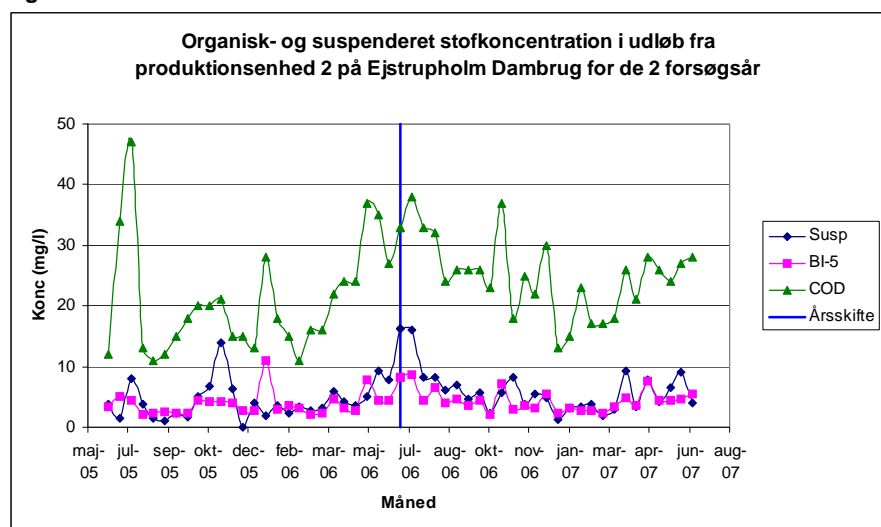


**Figur 16**

Koncentrationsudvikling i de to produktionsenheder (produktionsenhed 1 figur 15 og produktionsenhed 2 i figur 16) på Ejstrupholm Dambrug over de to måleår for orthofosfat og total fosfor nedstrøms biofiltre, hvilket svarer til koncentrationerne i det vand, der løber ind i plantelagunen fra produktionsenhederne.

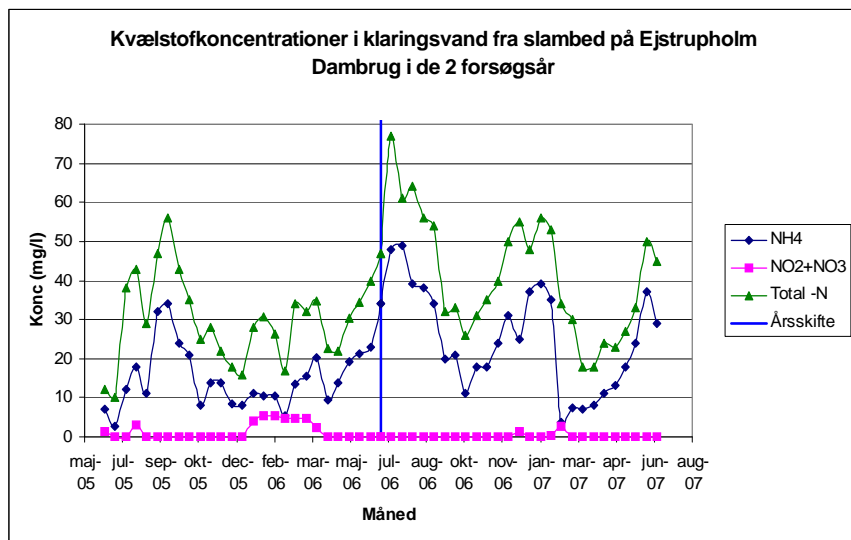


**Figur 17**

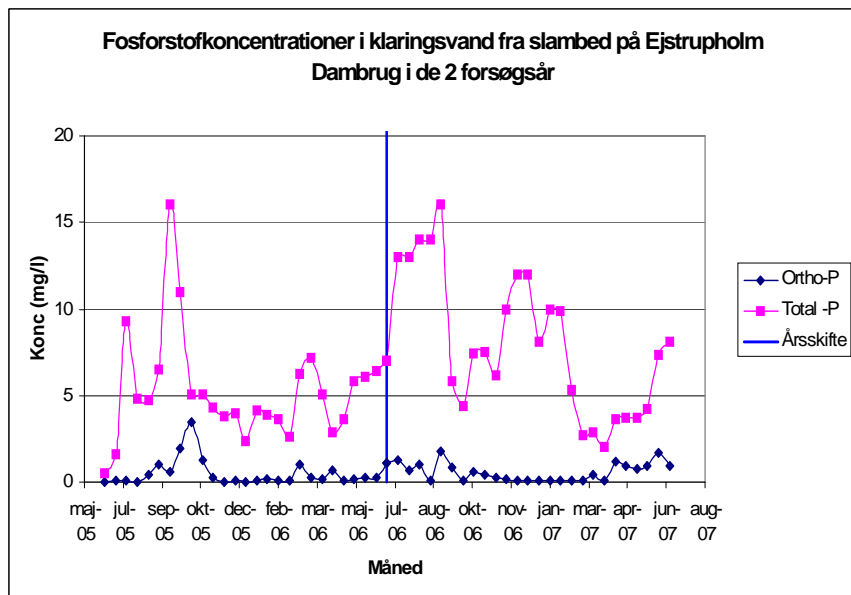


**Figur 18**

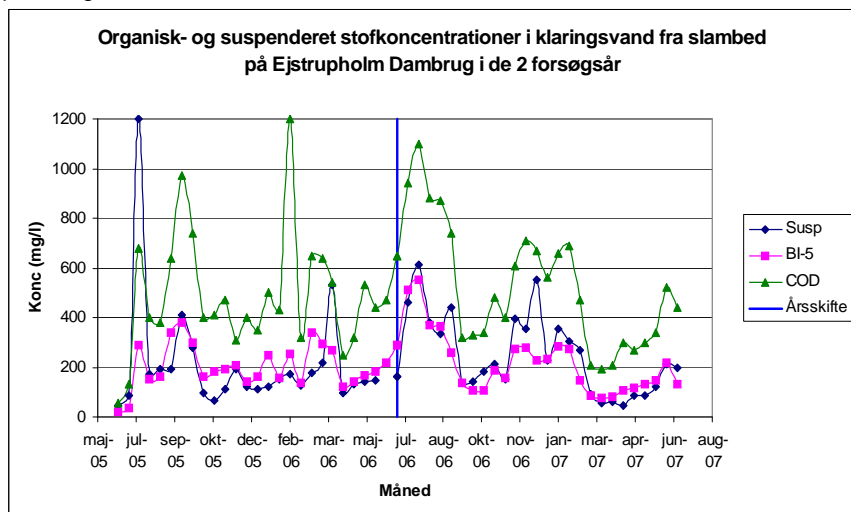
Koncentrationsudvikling i de to produktionsenheder (produktionsenhed 1 figur 17 og produktionsenhed 2 i figur 18) på Ejstrupholm Dambrug over de to måleår for BI<sub>5</sub> og COD nedstrøms biofiltre, hvilket svarer til koncentrationerne i det vand, der løber ind i plantelagunen fra produktionsenhederne.



**Figur 19** Koncentrationen af kvælstoffraktioner (ammonium, nitrit+nitrat og total kvælstof) i klaringsvand fra slambassiner for begge måleår ved Ejstrupholm Dambrug. Klaringsvandet løber til plantelagunen.



**Figur 20** Koncentrationen af fosforfraktioner (orthofosfat og total fosfor) i klaringsvand fra slambassiner for begge måleår ved Ejstrupholm Dambrug. Klaringsvandet løber til plantelagunen.



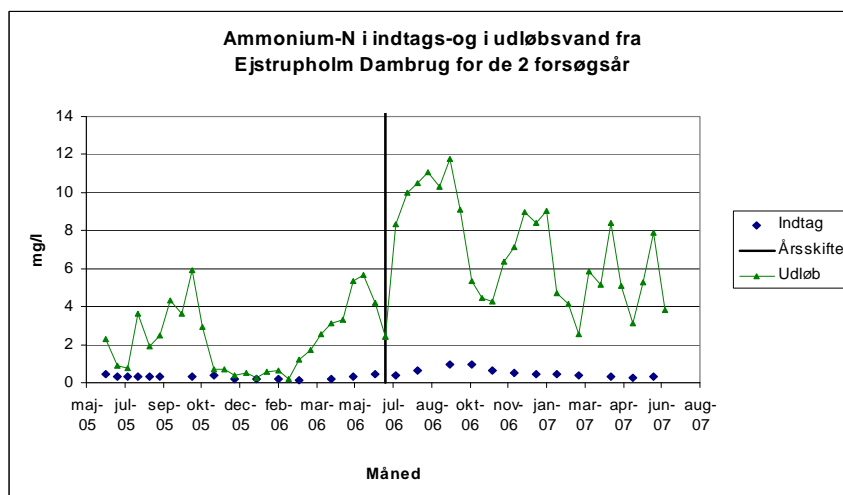
**Figur 21** Koncentrationen af organisk stof (BI<sub>5</sub> og COD) samt suspenderet stof i klaringsvand fra slambassiner for begge måleår ved Ejstrupholm Dambrug. Klaringsvandet løber til plantelagunen.

I figur 22 til og med 29 vises koncentrationsforløbet for de målte kemiske parametre i henholdsvis indtagsvandet til dambruget og i udløbet fra plantelagunen (dvs. udløb fra dambruget) for begge måleår. Koncentrationen i vandet, der tilledes plantelagunen, fremgår af graferne for henholdsvis udløbsvandet fra de to produktionsenheder og klaringsvandet fra slambassiner, som fremgår af figur 13 til 21. Forskellen i de vægtede koncentrationer i det vand, der ledes til plantelagunen, og udløbsvandet fra denne, afspejler plantelagunes kapacitet til at omsætte/tilbageholde stofferne, hvor der dog skal tages hensyn til det eventuelle stoftab, der forekommer med vand der netto tabes over plantelagunen via udsivning (netto 14 % vandtab andet måleår og 46 % i det første). Da vandtabet over plantelagunerne er forskelligt for de to måleår er det vanskeligt at opstille en helt præcis massebalance for stofferne, idet stofkoncentrationen i det vand, der siver ud af plantelagunens bund er ukendt, men det antages at det primært er de opløst kemiske komponenter som følger med det udsivende vand.

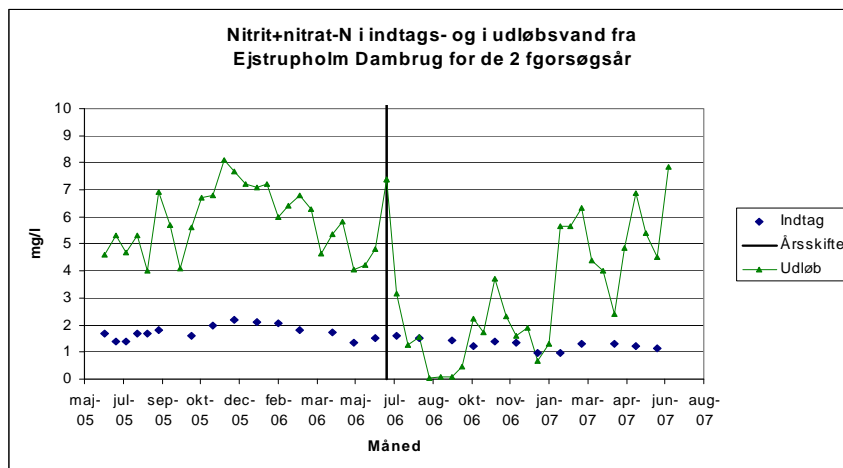
For stofkoncentrationerne i indtagsvandet, der stammer fra boring plus drænen under og omkring plantelagunen er der samlet set ikke nogen entydig tendens omkring variationen i koncentrationen mellem de to måleår, dog har der været en vis variation ift. suspenderet stof i første måleår (figur 22-29). Koncentrationsniveauet er for de fleste stoffer på samme niveau de to måleår, dog er der for total fosfor (figur 26) en mindre stigning i koncentrationen fra første til andet måleår. Til gengæld er der tendens til et fald i koncentrationen af total kvælstof (figur 24) og nitrit+nitrat kvælstof (figur 23).

Total kvælstof i udløbet fra Ejstrupholm Dambrug har tendens til højere sommer- end vinter-værdier i begge måleår (figur 24). Endvidere er der en stigning i total-kvælstof koncentrationen hen over de to måleår. Total kvælstof består i udløbet fra dambruget primært af ammonium og nitrat+nitrit kvælstof, mens organisk kvælstof kun udgør en mindre andel. Koncentrationsforløbet af nitrit-nitrat kvælstof (hvor langt hovedparten findes som nitrat) er nærmest i modfase med den tilsvarende ammonium kvælstof koncentration i udløbet fra Ejstrupholm Dambrug (figur 22 og 23). Koncentrationen af ammonium-kvælstof falder markant fra september 2006 og resten af måleåret med en markant stigning i nitrat koncentrationerne i samme periode (figur 23). I første måleår findes de samme tendenser i koncentrationsudviklingen for de to kvælstoffraktioner, men ammonium kvælstof niveauet var væsentligt lavere første måleår i udløbet fra dambruget end i det andet og tilsvarende var nitrat-nitrit kvælstof koncentrationen generelt højere første måleår. Koncentrationsforløbet 2. måleår i udløbet fra dambruget svarer overordnet til koncentrationsudvikling i klaringsvandet og i udløbet fra de to produktionsenheder.

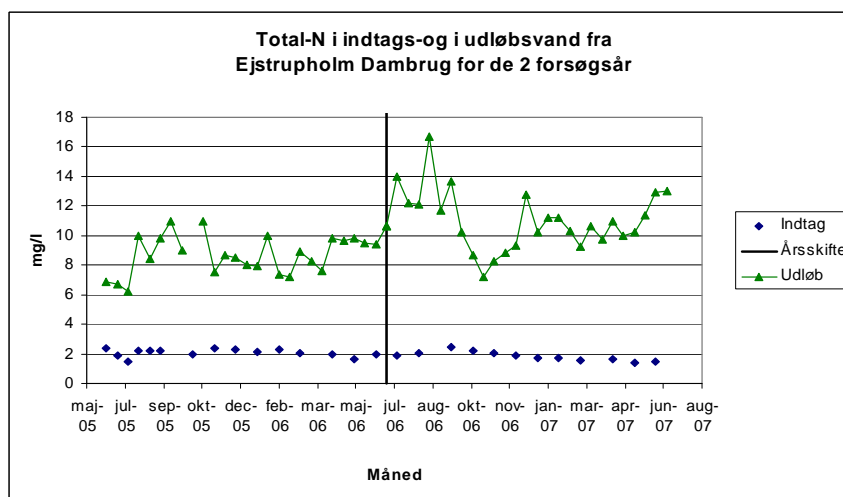
Total kvælstof koncentration i udløbet fra plantelagunen er højere i andet måleår end i første, men det er tilførslerne fra produktionsenhederne og klaringsvandet også (figur 24). Til gengæld er sammensætningen af kvælstofkomponenterne ændret over andet måleår til en højere andel af ammonium kvælstof. Da vandtabet over plantelagunen netto har været noget mindre i det andet måleår må det antages at tabet af opløste stoffer ved nedsivning i det andet måleår også er en del lavere sammenlignet med det første.



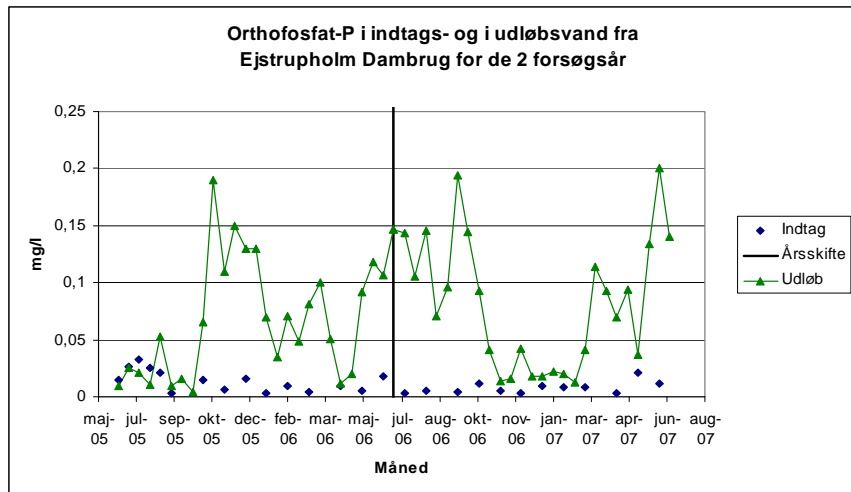
**Figur 22** Ammonium kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i udløbet herfra til Holtum Å i første og andet måleår.



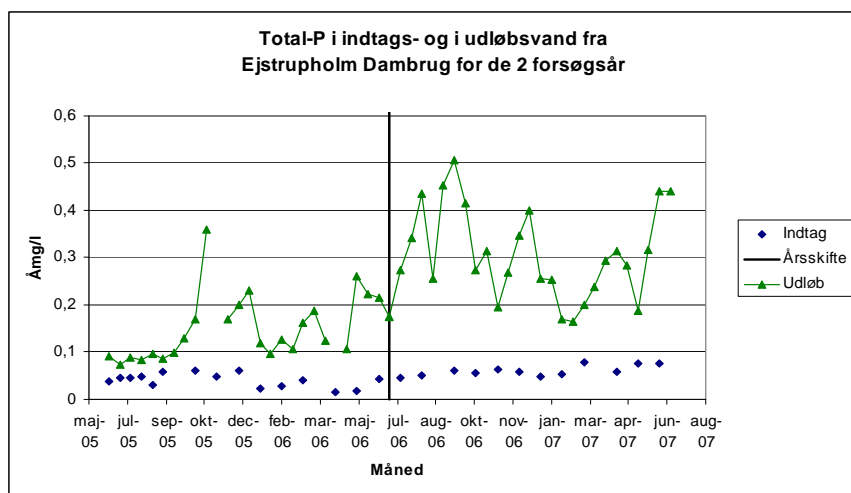
**Figur 23** Nitrat+nitrit kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i udløbet fra dambruget til Holtum Å i første og andet måleår.



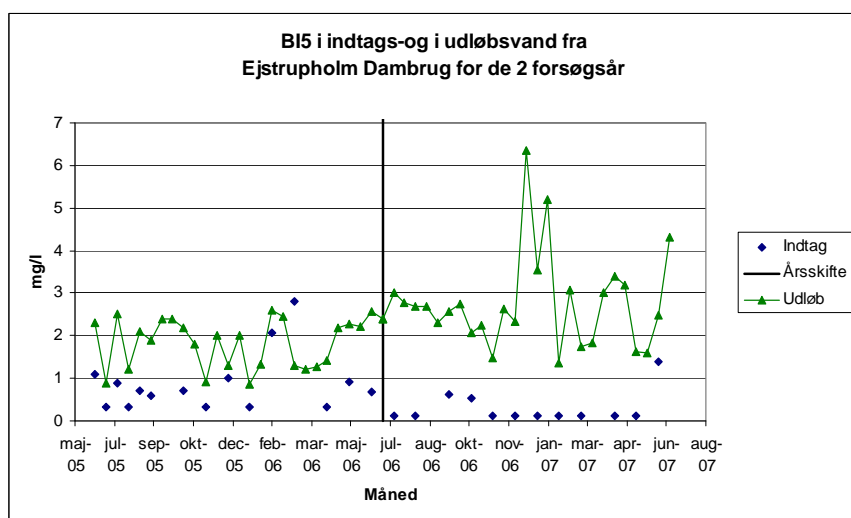
**Figur 24** Total-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i udløbet fra dambruget til Holtum Å i første og andet måleår.



**Figur 25** Orthofosfat fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i udløbet fra dambruget til Holtum Å i første og andet måleår.

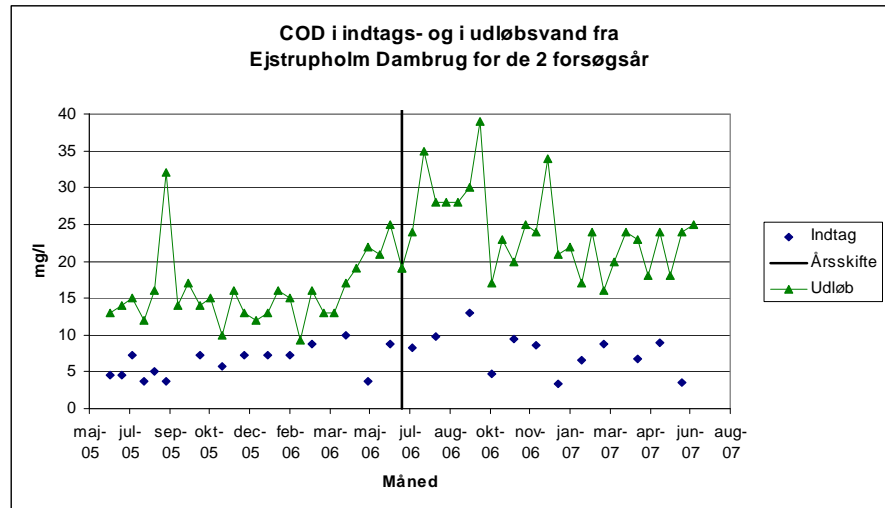


**Figur 26** Total fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i udløbet herfra til Holtum Å i første og andet måleår.

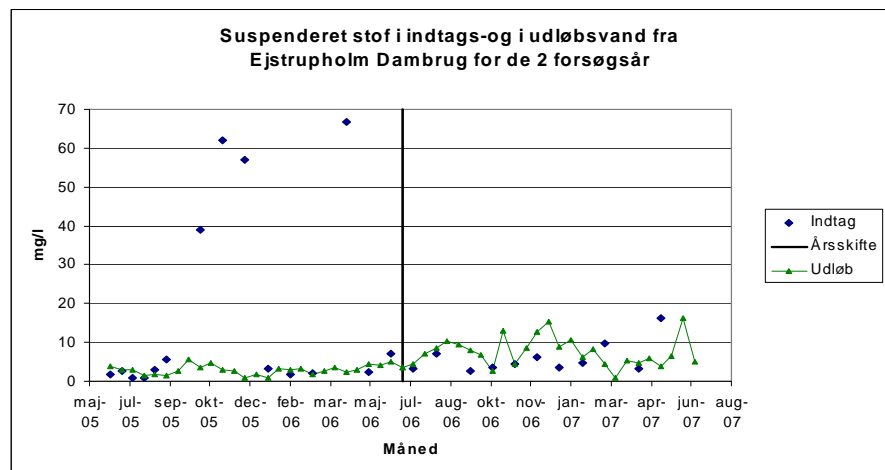


**Figur 27** BI<sub>5</sub> koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i afløbet fra dambruget til Holtum Å i første og andet måleår.





**Figur 28** COD-koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i afløbet fra dambruget til Holtum Å i første og andet måleår.



**Figur 29** Suspenderet stof-koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Ejstrupholm Dambrug og i afløbet til Holtum Å i første og andet måleår.

I lighed med nitrat kvælstof kan orthofosfat optages af planterne i plantelagunen i vækstsæsonen. Endvidere kan det i et vist omfang bindes til partikler herunder slam, der ligger på bunden af plantelagunerne. Udløbskoncentrationen for orthofosfat fosfor følger tilførslen fra produktionsenhederne, således at de laveste koncentrationer forekommer om efteråret – vinteren (figur 25). Planterne i plantelagunen er ikke i stand til at reducere orthofosfat koncentrationen signifikant i planternes vækstsæson, hertil udgør optagelsen i planterne for lille en andel af tilførslen (se kap. 11 og 12). Total-fosfor i udløbet følger den årstidsbestemte fosfortilførsel fra produktionsenhederne (figur 26). Koncentrationsniveauet i udløbsvandet er fordoblet fra første til andet måleår for totalfosfor.

Koncentrationsforløbet i afløbet fra Ejstrupholm Dambrug for henholdsvis  $BI_5$  (figur 27) og COD (figur 28) gennem 2. måleår er ikke helt ens.  $BI_5$  koncentrationen er relativt konstant i perioden juni 2006-december 2006 men har større variationer i resten af 2. måleår, mens COD er faldende fra sommeren 2006 til vinteren, hvorefter den er relativt konstant resten af måleåret. Begge parametre, der beskriver det organiske indhold i vandet

er væsentligt højere i andet måleår end i første, hvilket også er tilfældet med det vand der ledes til plantelagunen fra produktionsenhederne (figur 17-18). COD koncentrationen er 6-7 gange højere end  $BI_5$ , dvs. at hovedparten af det organiske stof er langsomt eller svært omsætteligt (figur 27-28).

Koncentrationen af suspenderet stof (partikler) varierer kun lidt i det første måleår og lidt mere i det andet, og der er en tendens til en stigning i løbet af de to måleår (figur 29). Koncentrationen af suspenderet stof har i tilførslen fra produktionsenhederne til plantelagunen været lidt højere i andet måleår end i første og tilsvarende for klaringsvandet, hvor dog koncentrationen faldt gennem måleåret. (hhv. figur 17-18 og figur 21).

## 7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen for Ejstrupholm Dambrug er der opstillet en række udlederkrav i forsøgsperioden (*Vejle Amt, 2004*). Udlederkravene er i miljøgodkendelsen formuleret som: "... Ved vandets passage gennem dambruget må koncentrationen i afløbet ikke overstige nedenstående krav..", hvor de angivne kravværdier fremgår af tabel 8 og kap. 2.3. Vejle Amt har stillet krav om, at overholdelse af udlederkravene foretages ved tilstandskontrol for alle 5 parametre på koncentration af stoffer i udløbsvandet efter Dansk Standard 2399 (*Dansk Standard, 1999*), dvs. som afløbskontrol og med statistisk kontrolberegning som for afløbsdata fra virksomhed.

DS 2399 er imidlertid beregnet til kontrol alene på udledninger, dvs. hvor der ikke forekommer en koncentration i indløb (indtagsvand). Men udledninger fra dambrug bør foretages med udgangspunkt i forskellen i koncentrationen hen over et dambrug dvs. på koncentrationsforøgelsen over dambruget, jf. *Bekendtgørelse for modeldambrug (2002)* og anbefalingerne i faglig rapport nr. 60 fra DMU om "Afløbskontrol fra dambrug" (*Larsen og Svendsen, 1998*). Endvidere bør kontrollen for f.eks. totalkvælstof og total-fosfor gennemføres som transportkontrol.

Beregningen af amtets krav til overholdelse af kravværdier er statistisk ikke muligt. Der opereres med koncentrationsforøgelser i afløbet men DS 2399 kan kun anvendes på den faktiske koncentration i udledningerne og ikke på koncentrationsforskelle. Der skal i DS 2399 omregnes til logaritmen af koncentrationen og der kan ikke tages logaritmen af negative koncentrationer, som opstår i de tilfælde hvor indløbskoncentrationen er højere end den i udløbet fra dambruget. Endvidere er logaritmen til differencen mellem to koncentrationer (dvs.  $\log(a-b)$ ) ikke det samme som forskellen mellem logaritmen på de samme to tal (dvs. som  $\log(a) - \log(b)$ ). Det ville derfor ikke være fagligt korrekt at anvende DS 2399 ved udlederkontrol på dambrug, som opererer med forskelskoncentrationer.

I tabel 8 er udlederkontrollen dels beregnet efter DS 2399 på de faktisk målte koncentrationer i udledningen (dvs. uden korrektion for koncentrationen i indtagsvandet) og dels som forudsat i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*, dvs. efter *Larsen og Svendsen (1998)* på koncentrationsforøgelsen, men med tilstandskontrol for alle kemiske parametre for at kunne sammenligne med den metode, miljøgodkendelsen foreskriver. Det antages, at sikkerheden for overholdelse af udlederkravene skal være 95 % (sikkerheden for miljøet) som forudsat i *Dambrugsbekendtgørelsen* og anbefalet i *Pedersen et al. (2003)*. Sædvanligvis regnes 95 % statistisk sikkerhed for at være temmelig høj. Når DS2399 alene kan beregnes på de faktiske udledninger beregnes en for skrap kontrol, hvorfor kontrollen beregnet efter *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)* vil være den korrekte at lægge til grund for vurderingen af overholdelsen af udlederkravene. I tabel 8 vises både udlederkontrollen får første og andet måleår.

Den statistisk beregnede udlederværdi, der sammenholdes med udlederkravet, findes som gennemsnitskoncentrationen plus spredningen på

koncentrationerne i kontrolperioden ganget med en statistisk justeringsfaktor jf. *Larsen og Svendsen (1998)* og *Pedersen et al. (2003)*. Kursiv i tabel 8 viser, hvor udlederkravene ikke har været overholdt for en given kemisk variabel ved den angivne kontrolmetode i kontrolperioden.

Kontrol-parameter	Kravværdi i Miljøgodk. (mg l <sup>-1</sup> )	Udledn. efter DS2399 (mg l <sup>-1</sup> ) år 1/ år 2	Udledning efter Bekendt. modeldambrug (mg l <sup>-1</sup> ) år 1/ år 2	Teoretiske kravværdier jf. Dambrugsbekendtgørelsen (mg l <sup>-1</sup> )
Susp. stof	35	3,38/ 8,89	-1,87/ 5,3	37 (3)
NH <sub>4</sub> -N	4,8	2,56/7,92	2,89/ 7,75	4,9 (0,4)
Total-N	7,2	9,33/ 11,82	7,37/ 10,25	7,4 (0,6)
Total-P	0,59	0,200/ 0,347	0,226/ 0,297	0,62 (0,05)
BI <sub>5</sub>	8,3	2,07/ 3,11	1,34/ 2,76	12,3 (0,7)

**Tabel 8** Kontrol på udledningerne fra Ejstrupholm Dambrug for hhv. første og andet måleår. De beregnede statistiske udlederværdier er dels beregnet ud fra DS2399 = Dansk Standard for udlederkontrol (dvs. ikke på forskelskoncentrationen over dambruget men alene på udløbskoncentrationerne) dels beregnet efter miljøgodkendelsen men efter metoden anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998)* (dvs. på forskelskoncentrationen over dambruget), dog som tilstandskontrol for alle parametre. Udlederkontrollen er angivet for hvert af de to måleår. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Med kursiv er vist, hvor udlederkravene ikke er overholdt i hhv. første og andet måleår. I sidste kolonne er angivet de beregnede udlederkravværdier, hvis dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier (som er angivet i parentes) ganges med forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning til modeldambrug (700 l/s) og max. vandindtag efter ombygning (57 l/s).

Udlederkontrollen viser for begge måleår at Ejstrupholm Dambrug for suspenderet stof, total fosfor og BI<sub>5</sub> overholder udlederkravene til fulde uanset kontrolmetode i begge måleår. Dambruget har ikke overholdt de af amtet opsatte udlederkrav for forsøgsperioden, hvad angår total kvælstof uanset hvilken kontrolmetode der anvendes. Tilsvarende overholdes udlederkravene ikke for ammonium kvælstof i andet måleår uanset kontrolmetode. Det fremgår, at alle udlederværdier har været noget højere i andet måleår især ift. suspenderet stof og ammonium kvælstof, idet de er mere end fordoblet beregnet efter DS2399 (tabel 8). Udledningen efter Bekendtgørelsen for modeldambrug var 60 % i første og 162 % i andet måleår for ammonium kvælstof og tilsvarende henholdsvis 102 % og 142 % for total kvælstof af udlederkravene.

I tabel 8 er også angivet, hvad kravværdien ville blive efter Dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier, såfremt hele reduktionen i vandindtaget sammenlignet med før ombygningen til et modeldambrug blev godskrevet dambruget, svarende til faktor 12,3 (forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning på 700 l/s og efter ombygning 57 l/s) på udlederkravværdier. Der er på nær for BI<sub>5</sub> givet fuld kompensation for reduceret vandindtag ved Ejstrupholm Dambrug. For BI<sub>5</sub> har amtet i miljøgodkendelsen skærpet kravet med ca. 50 %.

Eftersom udlederkontrollen har skullet foretages som tilstandskontrol på koncentrationer i afløbet har det ikke umiddelbart indflydelse på overholdelse af udlederkravene, at der i perioder i første måleår har været konstateret direkte afløb fra plantelagunerne til Holtum Å ud over det egentlig afløb fra dambruget, idet det antages at koncentrationen i disse

udledninger nogenlunde har været lig med koncentrationen i det egentlige afløb fra dambruget.

Ikast-Brande Kommune har, efter i 2007 at have overtaget myndighedsopgaven fra Vejle Amt, besluttet ved evalueringen af forsøgsperioden (de to måleår) for Ejstrupholm Dambrug at revidere miljøgodkendelsens kontrolprogram og anvende tilstandskontrol for  $\text{BI}_5$  og ammonium kvælstof, men transportkontrol for total kvælstof, total fosfor og suspenderet stof, dvs. som anbefalet i *Larsen og Svendsen (1998)* og i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*. Endvidere har kommunen ønsket at tage højde for den sammenlægning af foderkvoter, der skete med miljøgodkendelsen af Ejstrupholm Dambrug, hvor 45 tons fra det opstrømsliggende Smedebæk Dambrug (medianminimum 105 l/s) blev lagt sammen med foderkvoten på Ejstrupholm Dambrugs tidligere 143,5 tons (medianminimum 620 l/s).

På baggrund heraf har Ikast-Brande Kommune beregnet nye udlederkrav for de tre stofparametre, der nu kontrolleres efter transportkontrol. Endvidere er koncentrationerne for de to stofparametre, som der fortsat laves tilstandskontrol på, vægtet med forholdet mellem medianminimum og den faktiske anvendte vandmængde (frem for med maksimalt tilladte vandmængde). Kommunen har bedt DMU om, at der i rapportering medtages beregning af overholdelse af udlederkravene efter retningslinierne beskrevet i dette afsnit, hvilket er gennemført i tabel 9. Når der laves transportkontrol for visse stofparametre skal der beregnes en korrigeret kravværdi jfv. *Larsen & Svendsen (2002)* for at sikre at transportkontrollen ikke er mere lempelig end tilstandskontrollen. Dette findes også i tabel 9. Ved beregning af om de korrigerede udlederkrav er overholdt er den faktisk målte vandføring på prøvetagningsdagen anvendt.

De justerede kontrolregler medfører, at alle udlederkrav er opfyldt i første måleår. I det andet måleår er der en overskridelse af den korrigerede kravværdi for ammonium kvælstof på 34 %, mens alle andre udlederkrav overholdes i andet måleår. De beregnede udlederværdier er mellem en faktor 2 ( $\text{BI}_5$ ) og en faktor 8 (total fosfor) højere i andet måleår ift. første måleår, men ligger for suspenderet stof, total fosfor og  $\text{BI}_5$  - som i første måleår - langt under kravværdierne/de korrigerede kravværdier.

Kontrol- parameter	Kravværdi i Miljøgodk. år 1/ år 2 (mg l <sup>-1</sup> )	Korrigeret kravværdi år 1/ år 2 (mg l <sup>-1</sup> )	Udledning efter Bekendt. mo- deldambrug år 1/ år 2 (mg l <sup>-1</sup> )	Kravværdier jf. Dambrugsbe- kendtgørelsen år 1/ år 2 (mg l <sup>-1</sup> )
<b>Susp. stof</b>	187,92/187,92	107,93/ 153,48	-92,43/-21,12	187,92/187,92
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	5,28 / 5,77	- / -	2,89/ 7,75	5,28 / 5,77
<b>Total-N</b>	37,584/37,584	31,93/ 31,72	8,09/ 22,83	37,584/37,584
<b>Total-P</b>	3,132 / 3,132	2,769/ 2,860	0,079/ 0,584	3,132 / 3,132
<b>BI<sub>5</sub></b>	13,19/14,42	- / -	1,34/ 2,76	13,19/14,42

**Tabel 9** Kontrol på udledningerne fra Ejstrupholm Dambrug for hhv. første og andet måleår, men hvor der er beregnet efter Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998)* (dvs. på forskelskoncentrationen over dambruget) og med tilstandskontrol for ammonium kvælstof og BI<sub>5</sub> og transportkontrol for suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor, hvilket kræver beregning af korrigerede kravværdier jvf *Larsen & Svendsen (2002)*. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Se teksten ift. hvordan der ved fastlæggelse af kravværdier dels er taget højde for en overført foderkvote fra andet dambrug, samt at der ved tilstandskontrol er taget højde for faktisk vandforbrug for de to parametre, der er lavet tilstandskontrol for. Med kursiv er vist, hvor udlederkravene ikke er overholdt i hhv. første og andet måleår. I sidste kolonne er angivet de beregnede udlederkravværdier, hvis dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier (som er angivet i parentes) ganges med forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning til modeldambrug (620 l/s) og faktiske vandindtag i de to måleår (hhv. 47 l/s og 43 l/s).

## 8 Massebalancer

### 8.1 Produktionsbidrag

I følge den førte driftsjournal har foderforbruget i andet måleår været på i alt 461 tons hvilket er 74,5 mere end det første måleår og 82 tons over det i miljøgodkendelsen tilladte foderforbrug (Vejle Amt, 2006). Der er beregnet en produktion på 518 tons fisk (inkl. døde), dvs. med en foderkvotient på produktionsanlægget på 0,890, der er højere end første års foderkvotient på 0,813, hvor der alt i alt blev produceret godt 475 tons fisk inkl. døde. I kapitel 3.2 er redegjort for beregning af produktionsbidraget, som er det bidrag der kommer fra fiskeproduktionen, og som fremgår af tabel 10 med antagelse om 1 % foderspild. For måleår 1 er produktionsbidraget genberegnet jf. diskussionen i kapitel 3.2

Produktionsbidrag	NH <sub>4</sub> -N		Total-N		Total-P		BI <sub>5</sub>		COD	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
I kg	11.352	16.707	14.941	19.113	2.263	1.951	33.744	44.768	96.412	127.909
I kg pr. tons foder	29,4	36,2	38,7	41,5	5,9	4,2	87,3	97,1	249,4	277,4
I kg pr tons fisk	23,9	32,3	31,4	36,9	4,8	3,8	71,0	86,4	202,8	246,9

**Tabel 10** Beregnede produktionsbidrag for hhv. første og andet måleår på Ejstrupholm Dambrug opgjort i kg, kg pr. tons foder og kg pr. tons produceret fisk. Bemærk af produktionsbidraget for første måleår er genberegnet ift. statusrapport for første måleår (Svendsen et al., 2006).

Det bemærkes, at produktionsbidraget i forhold til foderforbrug og produktion af fisk i det samlede produktionsanlæg har været lavere i første måleår for alle parametre undtagen for fosfor. Da foderkvotienten var bedst (lavest) i det første måleår, er dette alene et resultat af, at foderets gennemsnitlige fosforindhold har været lavere i andet end i første måleår.

### 8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof, der fjernes i forskellige dele af dambruget kræves opgørelser over, hvor store stofmængder der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget, så der kan opstilles massebalancer hen over f.eks. de to produktionsenheder, plantelagunerne, over hele dambruget m.v. En stofmængde er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelkoncentration. Vandmængderne måles, som beskrevet i kapitel 2, kontinuert i en række målepunkter for hvilke der er beregnet en døgnmiddel vandmængde. De døgnlige stofkoncentrationer er fundet ved lineær interpolation mellem de målte døgnmiddelkoncentrationer fra prøvetagning af vandkemiske prøver hver 14. dag. Stofmængderne forskellige steder på dambruget fremgår af tabel 11.

De to kilder til stofinput er boringen (indtagsvandet = I) og foder (produktionsbidraget P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra slamkegletømning i de to produktionsenheder, returskylning af biofiltre i produktionsenhederne samt via de forøgede stofmængder der løber ud af produktionsanlægget til plantelagunerne ift. indtagsvandet. Produktionsbidraget er opgjort samlet for de to produktionsenheder.

Som omtalt i kapitel 5.3 tabes der vand over dambruget, netto 15 % i andet måleår mod 47 % i det første. Dette viser sig dels ved et vandtab over produktionsanlægget på godt 1 % og over plantelagunerne på ca. 14 % af tilførslen. Den vandmængde, der tilføres og afledes fra slambassiner, er der en vis usikkerhed på. Det skyldes dels, at der kun tilføres vand i visse perioder, således at beregningerne er afhængige af dambrugets tidsangivelser for hvornår pumper fra slambørnde til slambassiner har kørt, dels at et overløbsrør fra slambedene (uden vandur), er i anvendelse i kortere perioder, jf. kap. 5.1. I sommeren 2006 blev vandmåleren for afløbet fra slambassinet skiftet til et større, så der ikke længere er konstateret afløb gennem overløbsrøret, og det vurderes derfor, at stofbalancen for slambassin er mere præcis i andet måleår.

	Vand 1000 m <sup>3</sup>	Susp. kg	NH <sub>4</sub> -N kg	NO <sub>23</sub> -N kg	Total- N kg	Ortho-P kg	Total-P kg	BI <sub>5</sub> kg	COD kg
<b>Indtagsvand (I)</b>	1.348	8.545	724	1.758	2.513	10	81	396	10.650
<b>Produktionsbidrag (P)</b>	-	-	16.707	-	19.113	-	1.951	44.768	127.909
<b>Samlet stofinput (I+P)</b>	1.348	8.545	17.431	1.758	21.626	10	2.031	45.164	138.559
<b>Slamkegler prod. anlæg</b>	9	28.790	179	3	1.391	122	1.172	20.150	44.709
<b>Biofilterskyl prod. anlæg</b>	61	35.533	409	196	2.160	25	932	7.562	36.450
<b>Ekstra skyllevand</b>	21	128	138	120	288	4	7	91	496
<b>Tilført slambassin i alt</b>	90	64.452	726	319	3.838	151	2.111	27.804	81.655
<b>Afløb prod. enhed 1 til plantelagune</b>	653	3.916	4.185	4.191	9.403	137	223	2.900	15.749
<b>Afløb prod. enhed 2 til plantelagune</b>	576	3.736	4.067	2.788	7.651	76	160	2.510	13.707
<b>Klaringsvand slambassin til plantelagune</b>	85	19.629	1.966	16	3.329	44	646	16.291	41.305
<b>Tilført plantelagune i alt</b>	1.315	27.282	10.218	6.995	20.384	257	1.029	21.701	70.761
<b>Udløb fra dambrug år 2</b>	1.148	8.696	8.003	3.458	12.604	92	347	3.150	27.725
<b>Udløb fra dambrug år 1</b>	988	2.962	2.537	5.631	8.793	62	188	1.845	16.294

**Tabel 11** Beregnede samlede stofmængder i andet måleår ved forskellige målesteder på Ejstrupholm Dambrug. I = stofmængder i indtagsvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen (foder). Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. Det gennemsnitlige vandindtag har været 43 l/s.

I tabel 11 er beregnet stofmængder over de enkelte dele af dambruget. I det første måleår var stofmængden i afløb fra slambassinerne (klaringsvand) for suspenderet stof og organisk stof (BI<sub>5</sub> og COD) væsentlig større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra de to produktionsenheder. For total fosfor var det af samme størrelsesorden. I det andet måleår udgør stofmængderne i klaringsvandet for total fosfor næsten det dobbelte af bidraget fra produktionsenhederne, mens tilførslen af suspenderet stof og BI<sub>5</sub> stof fortsat er flere gange større med klaringsvandet. For ammonium kvælstof tilføres til gengæld kun 1/5 af stofmængden heraf til plantelagunerne fra slambassinerne. Det var ikke mu-



ligt at beregne en sikker stofbalance over slambassinerne i det første måleår, men i andet måleår er beregningerne af tilførslerne til slambassinet mere sikre og de indgår i tabel 11. Vandforbruget til skylning af kegler og biofiltre er opdelt i den vandmængde, der direkte måles på ved prøvetagningen og den mængde, som anvendes til yderligere skylning. Opgørelsen viser, at en væsentlig del af det stof, der i første omgang overføres til slambassinerne, tilbageføres til plantelagunerne og dermed evt. kan udledes til Holtum Å, se kapitel 9.3 og 9.4.

Der er i tabel 11 ikke taget højde for et evt. stoftab med nedsivningsvandet, et netto tab over plantelagunen på 14 % som gennemsnit i det andet måleår.

## 9 Rensegrader og stoffjernelse

### 9.1 Beregning af rensegrader

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over del-elementerne i produktionsanlæg, plantelagune m.v. Rensegraden beregnes ud fra to beregningsmetoder. Rensegraden  $R_N$  for en given kemisk variabel er bestemt ud fra anvisningen i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)*, som

$$R_N (\%) = ((P - U_N) / P) * 100, \text{ hvor} \quad (1)$$

$P$  = produktionsbidraget

$U_N$  = dambrugets nettoudledning, dvs. målte udledning  $U_M$  minus  $I$  = input fra indtagsvand (boringer).

Denne metode kan kaldes nettorensesegraden, som svarer til at stoftilbageholdelsen over hele dambruget  $S_N$  for en given kemisk variabel bestemmes i procent af produktionsbidraget  $P$  for det samme stof, dvs.

$$R_N (\%) = S_N / P * 100$$

Endvidere beregnes en bruttorensesegrad  $R_B$  hvor stoftilbageholdelsen over dambruget  $S_N$  for en given kemisk variabel bestemmes i procent af den samlede stoftilførsel dvs. ift. produktionsbidraget  $P$  plus stofbidraget fra indtagsvand ( $I$ ), dvs.

$$R_B (\%) = (S_N / (I + P)) * 100 \quad (2)$$

Brug af ovenstående formler forudsætter at vandindtaget til produktionen udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket til fulde er opfyldt for Ejstrupholm Dambrug, der i de to måleår i gennemsnit har haft et friskvandsindtag på henholdsvis 7,6 % og 6,9 % af Holtum Å's medianminimumsvandføring på 620 l/s på strækningen ved dambruget.

### 9.2 Rensegrader over hele dambruget

Målinger og beregninger for andet måleår viser at nettorensesegraden ( $R_N$ ) har været 47 % for total kvælstof (N), 86 % for total fosfor (P) og 94 % for organisk stof udtrykt som  $BI_5$ , hvilket er betydeligt højere end forudsætningerne jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 11 %, 60 % og 75 % for de tre kemiske variable for type III modeldambrug uden mikrosigter. For total kvælstof skal der til de 11 % dog tillægges, at plantelagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr dag pr  $m^2$ , dvs. 365 g pr.  $m^2$  pr. år eller med de i miljøgodkendelsen forudsatte 8.050  $m^2$  plantelagune i Ejstrupholm Dambrug (jf. kapitel 11) 2.938 kg total kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til at nettorensesegraden for kvælstof mindst skal

være 41 %, hvilket således er opfyldt. Resultaterne fra første måleår er genberegnet og indsat i tabel 11. Netto rensegraderne for andet måleår er lavere for alle parametre. Den største reduktion i rensegrader forekommer for ammonium kvælstof og total kvælstof, hvor hovedparten af stoffet findes på opløst form (ammonium+nitrat). Den samme ændring ses for brutto rensegraderne.

I de beregnede rensegrader indgår det stof, der er fjernet grundet nedsivning fra plantelagunerne. De beregnede rensegrader er derfor et maksimalt mål for permanent stoffjernelse, som reelt kan være lavere, hvilket diskuteres i kapitel 12. Reduktionen i rensegraderne det andet måleår kan således for de opløste stoffer i betydelig grad hænge sammen med, at der netto kun tabes ca. 14 % af vandet over plantelagunen i andet måleår mod 46 % i første. Det passer med, at det især er rensegraden for kvælstof, der er blevet reduceret, idet det dog skal erindre, at dette primært skyldes øget mængde ammonium kvælstof, som plantelagunen ikke er så effektiv over for.

Man skal være opmærksom på, at for modeldambrugene under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger således at det er den forventede rensegrad for fosfor, der har bestemt den tildelte foder-mængde. Det betyder, at dambruget skal op omkring en rensegrad på 60-65 % for total kvælstof for efterfølgende at kunne opfylde rensegraderne ift. til det tildelte foderforbrug, og der er ikke tilfældet for andet måleår. Dette forhold, plus at der fjernes kvælstof med det nedsivende vand fra plantelagunerne kan være årsagen til at det ikke ud fra tilstandskontrol af udledninger efter DS2399 har været muligt at overholde udlederkravene for især total kvælstof.

Beregningerne viser også, at selvom netto rensegraden har været på ca. 56 % for ammonium kvælstof, så er dette ikke en tilstrækkelig stor omsætning til, at de fastsatte udlederkrav kan overholdes i andet måleår. De mængder ammoniak, der løber fra ikke mindst de to produktionsenheder i andet måleår er for store.

Der er ikke udregnet rensegrader for suspenderet stof, da det ikke giver mening at beregne et produktionsbidrag for suspenderet stof.

Forskellen mellem netto- og brutto rensegraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af produktionsbidraget. Det har mindst betydning for  $BL_5$  hvor de to mål for rensegrader er næsten ens og størst ved total kvælstof, hvor brutto rensegraden er 5 procentpoint lavere end netto rensegraden og 3 procentpoint for total fosfor.

I tabel 12 er der endvidere angivet en stofudledning i g pr. kg produceret fisk beregnet både ift. den faktiske udledning fra dambruget (brutto) og ift. nettoudledningen fra dambruget det andet måleår (netto). Det viser sig, at nettostofudledningen er betydelig større det andet år for alle parametre. Regnes indtagsvandet med, som i bruttoberegningen, er stofudledningen pr. kg produceret fisk også større for alle parametre i det andet måleår end i første. Det skyldes formentlig dels, at nettovandtabet over plantelagunen falder fra 46 % til 14 % fra første til andet måleår og dels, at foderforbruget er steget med 19 % fra første til andet måleår. For  $BL_5$  skyldes det meget lave netto tab pr. kg fisk i første måleår også  $BL_5$ -mængden i indtagsvandet, som var 5 gange højere end i andet måleår.

	Vand (1000 m <sup>3</sup> )	NH <sub>4</sub> -N kg	Total-N kg	Total-P kg	BI <sub>5</sub> kg	COD kg
Indtag vand (i)	1348	724	2.513	81	396	10.650
Produktionsbidrag (P)		16.707	19.113	1.951	44.768	127.909
Samlet stof bidrag (I+P)	1348	17.431	21.626	2.031	45.164	138.559
Målte udledninger fra dambrug (Um)	1148	8.003	12.604	347	3.150	27.725
Netto udledning fra dambrug Un (Um-I)	-199	7.278	10.091	266	2.755	17.075
Nettorensgraden R <sub>N</sub> (%) jf. formel 1		56	47	86	94	87
Bruttorensgraden R <sub>s</sub> (%) jf. formel 2		54	42	83	93	80
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		14,0	19,5	0,51	5,3	33,0
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		15,4	24,3	0,67	6,1	53,5
Reviderede resultater fra 1. måleår <sup>1)</sup>						
Nettorensgraden R <sub>N</sub> (%) jf. formel 1		81	58	94	98	92
Bruttorensgraden R <sub>s</sub> (%) jf. formel 2		78	48	91	93	83
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		4,5	12,1	0,26	1,0	14
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		5,3	18,5	0,39	3,9	34

**Tabel 12** Beregnede udledninger til vandløb og rensgrader over Ejstrupholm Dambrug for andet måleår, ud fra henholdsvis samlede stofinput til dambruget (brutto) og ud fra produktionsbidraget (netto). Endvidere er stofudledningerne beregnet brutto og netto ift. mængde produceret fisk. Til sammenligning er indsat værdier for første måleår.

<sup>1)</sup> Der er i disse tal korrigeret for 1. års direkte vandtab via oversvømmet skot. Dette tab skete ikke i år 2.

De tilsvarende tal for netto stofudledninger pr. gram produceret fisk for Døstrup Dambrug (Fjorback *et al.*, 2003) var:

NH<sub>4</sub>-N: 4-6 g pr. kg. produceret fisk

Total N: 5-11 g pr. kg produceret fisk

Total P: 2 g pr. kg produceret fisk

BI<sub>5</sub>: 20-28 g pr. kg produceret fisk.

For Ejstrupholm Dambrug er nettostofudledningerne pr. gram fisk især i andet måleår noget større for kvælstofkomponenterne men i begge måleår væsentligt mindre for BI<sub>5</sub> og total-P sammenlignet med Døstrup Dambrug.

### 9.3 Rensgrader over produktionsanlægget og over plantelaguner

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensgrader over produktionsanlægget (tabel 13) og over plantelagunerne (tabel 14). I forhold til afløb af klaringsvand fra slambassinerne kan der ikke skelnes om det stammer fra de 2 produktionsenheder eller fra leveredam, da vandet løber direkte fra leveredam ind i produktionsenheden. I tabel 13

er der derfor angivet den samlede mængde klaringsvand med tilhørende stofmængder.

Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne og i biofiltrene og som føres over i slambassinerne. Det dækker endvidere også en omsætning af stof, som giver anledning til et stoftab i produktionsenhederne herunder leveredam samt i biofiltrene og evt. i slamkeglerne. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlægget via boringsvandet og produktionsbidraget minus det stof, der er målt i det vand, der løber fra de to produktionsenheder (inkl. leveredammen) til plantelagunerne.

For plantelagunerne beregnes stoftilbageholdelsen som forskellen mellem det stof, der tilføres fra de to produktionsanlæg med leveredam samt med klaringsvandet fra slambassinet minus det stof som udløber fra dambruget (afløb plantelaguner).

Rensegraderne er både i tabel 13 og 14 beregnet på to måder:

stoffjernelse i procent af stoftilførslen til produktionsanlægget (tabel 13) og til plantelagunerne (tabel 14)

stoffjernelse i procent af det samlede produktionsbidrag (tabel 13 og 14)

For plantelagunerne beregnes stoffjernelse endvidere i procent af den samlede stoftilførsel til dambruget (dvs. i procent af I + P fra tabel 12)

For produktionsanlægget er stoffjernelsen desuden blevet beregnet som angivet i de to punkter ovenfor, men hvor der er modregnet for, at en større del af det stof, der overføres til slambassinerne, via tømning af slamkegler og returskyllning af biofiltre, efterfølgende ledes til plantelagunerne sammen med klaringsvandet fra slambassiner. Dette stof er dermed reelt ikke fjernet. Dette er et mål for nettostoffjernelse i slamfælder og biofiltre, mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelsen/omsætningen i slamfælder og biofiltre (hvad de har tilbageholdt/fjernet og ført over i slambedene). Jo bedre man bliver til at reducere stofmængderne i klaringsvandet, des tættere vil netto og brutto tallene komme på hinanden og desto større reel rensning vil renseforanstaltningerne i produktionsanlægget kunne præstere. Samtidig vil plantelagunerne skulle tilbageholde mindre stof og udledninger kan antages at blive reduceret idet det dog skal erindres, at en effektiv kvælstoffjernelse (denitrifikation) i plantelagunerne dels kræver organisk stof og dels kræver kvælstof på nitratform. For andet måleår er tabel 13 udvidet ift. første måleår, da der er beregnet netto og brutto rensegrader for de enkelte dele af produktionsanlægget som slamkegler og biofiltre i produktionsenhederne.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per m<sup>2</sup> plantelagune pr. dag for at kunne sammenligne dels med forudsætningerne og dels med andre dambrug (tabel 14).

Ved sammenligning af resultaterne i tabel 13 og 14 skal man være opmærksom på, at stof, der fjernes i produktionsanlægget og ikke senere

tilføres plantelagunerne via klaringsvandet fra slambassinerne, ikke også kan fjernes i plantelagunerne. Det betyder, at plantelagunerne sandsynligvis kunne fjerne mere af nogle stoffer end de faktisk gør, hvis de blev belastet hårdere.

	Vand (1000 m <sup>3</sup> )	Susp. kg	NH <sub>4</sub> -N kg	Total- N kg	Total-P kg	BI <sub>5</sub> kg	COD kg
<b>Indtagsvand (I)</b>	1.348	8.545	724	2.513	81	396	10.650
<b>Produktionsbidrag (P)</b>	-	-	16.707	19.113	1.951	44.768	127.909
<b>Samlet stofinput (I+P)</b>	1.348	8.545	17.431	21.626	2.031	45.164	138.559
<b>Afløb fra produktionsanlægget</b>	653	3.916	4.185	9.403	223	2.900	15.749
<b>Stoffjernelse over produktionsanlæg</b>	694	4.629	13.246	12.222	1.808	42.264	122.810
			76	57	89	94	89
<b>Stoffjernelse i % af input</b>	-	-	(80)	(53)	(91)	(93)	(87)
				64	93	94	96
<b>Stoffjernelse i % af produktionsbidraget</b>	-	-	79 (83)	(64)	(94)	(96)	(96)
<b>Stoffjernelse i slamkegler</b>	9	28.790	179	1.391	1.172	20.150	44.709
<b>Stoffjernelsen i slamkegler i % af input</b>	1	337	1	6	58	45	32
<b>Stoffjernelsen i slamkegler i % af produktionsbidrag</b>			1	7	60	45	35
<b>Stoffjernelse via returskylning af biofiltre</b>	61	35.533	409	2.160	932	7.562	36.450
<b>Stoffjernelse via returskylning af biofilter i % af input</b>	4	416	2	10	46	17	26
<b>Stoffjernelse via returskylning af biofilter i % af produktionsbidrag</b>			2	11	48	17	28
<b>Beregnet omsætning i produktionsanlæg (inkl. evt. akkumulation heri)</b>			12.658	8.672	0 (-296)	14.552	41.651
<b>Stoftilførsel til slambassin</b>	90	64.452	726	3.838	2.111	27.804	81.655
<b>Stoffjernelse med klaringsvand</b>	85	19.629	1.966	3.329	646	16.291	41.305
<b>Tilbageholdelse i slambassin</b>	5	44.822	-1.240	509	1.466	11.512	40.349
<b>Stoftilbageholdelsen i slambassin i % af tilførslen</b>	5	70	-171	13	69	41	49
<b>Stoftilbageholdelsen i % af input</b>	0	525	-7	2	72	25	29
<b>Stoftilbageholdelsen i % af produktionsbidrag</b>			-7	3	75	26	32
<b>Samlet stoffjernelse prod. anlæg minus tab klaringsvand (a)</b>			11.279	8.893	1.163	25.972	81.505
<b>Stoffjernelse i prod. anlæg (a) i % af samlet input (I+P)</b>			65 (71)	41	57	58	59
				(41)	(76)	(53)	(56)
<b>Stoffjernelse i prod. anlæg (a) i % af samlet prod. bidrag (P)</b>			68 (74)	47	60	58	64
				(50)	(78)	(55)	(61)

**Tabel 13** Stoffjernelse over hele produktionsanlægget & leveredam inkl. evt. stof i det vand der tabes over produktionsenhed 1 og de tilhørende rensegrader for det andet måleår ved Ejstrupholms Dambrug for kemiske variable. Til sammenligning er i parentes medtaget tilsvarende rensegrader for første måleår. Se tekst for nærmere forklaring.

Umiddelbart fjernes store dele (mellem 76 og godt 94 %) af stofinputtet i produktionsanlægget ift. ammoniak, total fosfor og organisk stof og endnu lidt højere andele, hvis stoffjernelse beregnes ift. produktionsbidraget (79 til 96 %). Til gengæld er stoffjernelsen af total kvælstof noget lavere (57 % af det samlede input og 64% af produktionsbidraget). Skal

man reelt vurdere stoffjernelsen i produktionsanlægget og sammenligne med betydningen af den tilsvarende stoftilbageholdelse i plantelagunerne, skal der imidlertid tages højde for, at en væsentlig del af det stof, der er ført over i slambassinerne ved returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler, efterfølgende udledes til plantelagunerne med klaringsvandet. Ses på den reelle nettofjernelse af stof i de to produktionsenheder, så er denne set ift. produktionsbidraget noget lavere med henholdsvis 68 % for ammonium kvælstof, 47 % total kvælstof, 60 % total fosfor og 58-64 % organisk stof.

I tabel 13 er angivet "beregnet omsætning i produktionsanlæg inkl. evt. akkumulation heri", som er et mål for hvad der omsættes og akkumuleres i biofiltret og i de to produktionsenheder ud over hvad der fraføres med slamvand fra slamkegler og skyllevandet fra biofiltrene. I disse værdier indgår også den akkumulerede usikkerhed på målingerne, hvilket blandt andet ses at total fosfor beregnes som en smule negativ, hvilket dog reelt viser, at der ikke sker omsætning og akkumulering af fosfor i produktionsanlægget. Ca. en tredjedel af det organiske stof der fjernes over produktionsanlægget omsættes (lidt akkumuleres måske) i dette, mens hovedparten af ammonium kvælstof er omsat i anlægget (biofiltrene).

Fjernelsen af ammonium er et udtryk for at dette omdannes til nitrat over biofiltret. Dermed fjernes der reelt ikke kvælstof, men det omdannes til nitrat, som ledes til slambassinerne og en større del heraf videre til plantelagunen. Nitraten kan optages i planter men især omsættes til frit kvælstof, hvis der på bunden af plantelagunerne er let-omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold. En andel af nitraten kan evt. også sive med vandet ud af bunden på plantelagunen, hvor noget kan omsættes og noget nå enten grundvandet eller vandløbet og endeligt vil en del følge med det vand, der løber fra plantelagunen ud i Holtum Å.

Såfremt der ikke tages højde for om der med vandtabet ud af bunden på plantelagunen også tabes stof, så tilbageholdes/fjernes ca. 22 % af det tilførte ammonium-kvælstof i plantelagunerne. Tilsvarende tilbageholdes fra 51 % af det tilførte nitrat kvælstof, 38 % af total kvælstof samt ca. 65 % af henholdsvis opløst og total fosfor. Der omsættes/tilbageholdes meget let-omsætteligt organisk stof (86 % af tilført  $BI_5$ ), mens tilbageholdelsen af det tilførte COD er lavere (61 %). Ammonium kvælstof er på opløst form og kan derfor risikeres at følge med det vand, der siver nedenud af plantelagunerne. Det er ikke muligt præcist at vurdere, hvor de 14 % af det vand med tilhørende stoffer, der siver ud af plantelagunerne ender, men en del genindvindes uden tvivl som indtagsvand til dambruget. Noget af det opløste stof, der følger med nedsivningsvandet vil også blive omsat i jorden under mættede forhold, f.eks. nitrat og en del af det opløste fosfor kan bindes til jordpartikler. Endeligt kan en andel nå grundvandet eller vandløbet længere nedstrøms.

Målte værdier									
	Vand 1000 m <sup>3</sup>	Susp kg	NH <sub>4</sub> -N kg	NO <sub>23</sub> -N kg	Total-N kg	Ortho-P kg	Total-P kg	BI <sub>5</sub> kg	COD kg
Tilført plantelagune i alt	1.315	27.282	10.218	6.995	20.384	257	1.029	21.701	70.761
Udløb dambrug	1.148	8.696	8.003	3.458	12.604	92	347	3.150	27.725
Tilbageholdelse i plantelagune	166	18.586	2.216	3.536	7.779	165	682	18.551	43.036
Tilbageholdelse i plantelagune i % af input i plantelagunen	14 (46)	68 (87)	22 (63)	51 (54)	38 (64)	64 (79)	66 (79)	86 (92)	61 (79)
Tilbageholdelse i plantelagune i % af produktionsbidrag			13		41		35	41	34
Tilbageholdelse i % brutto input dambrug			13		36		34	41	31
Tilbageholdelse 2. måleår. g pr. m <sup>2</sup> pr dag (8.050 m <sup>2</sup> )		6,3	0,75	1,20	2,7	0,06	0,23	6,3	15
Tilbageholdelse 1. måleår. g pr. m <sup>2</sup> pr dag (8.050 m <sup>2</sup> )		5,2	1,0	1,5	3,7	0,06	0,18	5,9	15
<b>Worst case (ikke-realistisk) antagelse</b>									
Tilbageholdelse i plantelagunen korrigeret for vandtab		17.394	790	2.590	4.935	129	671	18.495	41.550
Tilbageholdelse i plantelagune % af input i plantelagunen worst		64 (58)	9,0 (21)	36 (10)	28 (22)	52 (42)	63 (72)	85 (88)	60 (68)
Tilbageholdelse i plantelagune % af produktionsbidrag worst	-	-	5,5		29		33	41	33
Tilbageholdelse i % brutto input dambrug worst			5,3		26		32	41	30
Tilbageholdelse 2. måleår. g pr. m <sup>2</sup> pr dag (8.050 m <sup>2</sup> ) worst		5,9	0,3	0,9	1,9	<0,1	0,2	6,3	14
Tilbageholdelse 1. måleår. g pr. m <sup>2</sup> pr dag (8.050 m <sup>2</sup> ) worst		3,6	0,4	0,4	1,5	<0,1	0,2	5,7	14

**Tabel 14** Beregnet stoftilbageholdelse/-fjernelse over plantelagunerne inklusiv evt. stof i vandet, der siver ud af bunden på disse og de tilhørende rensegrader for kemiske variable ved Ejstrupholm Dambrug i 2. måleår. Den samlede tilførsel til plantelaguner består af afløbsvand fra produktionsanlægget og klaringsvand fra slambassinene. Endvidere er vist tilsvarende værdier, når der ud fra en – ikke realistisk - worst case antagelse, indregnes muligt tab via nettoudsivning af vand over plantelagunen (angivet med "worst"). Til sammenligning er der vist nogle af de tilsvarende værdier fra 1. måleår hhv. i parentes og i nederste række af tabellen.

Sammenlignes rensegraden i plantelagunerne beregnet i forhold til produktionsbidraget med de tilsvarende rensegrader i produktionsanlægget (når der er taget højde for stoftab med klaringsvandet, tabel 13) fjernes der i produktionsanlægget en noget større del af produktionsbidraget af ammonium-kvælstof (68 %) og total kvælstof (47 %) og total fosfor (60 %) end i plantelagunen, hvor der tilsvarende fjernes henholdsvis 13 %, 41 % og 35 %. Tilsvarende er nettorensgraden af produktionsbidraget større i produktionsanlæg for BI<sub>5</sub> og COD (henholdsvis 58 % og 65 %) sammenlignet med plantelagunerne (henholdsvis 41 % og 34 %). Sammenlignes stoffjernelsen med den aktuelle belastning (I+P) fjerner produktionsanlægget en væsentlig højere andel af alle parametre, end det er tilfældet netto over plantelagunen. En af årsagerne hertil er, at stof der allerede er fjernet i produktionsanlægget, ikke også kan fjernes i plantelagunen.

For begge måleår er den procentuelle stoffjernelse i tabel 14 også beregnet, hvor der ud fra en ikke realistisk "worst case" antagelse er søgt taget højde for stoftab med nedsivningsvandet under antagelse af, at koncentrationen af opløste stoffer i det vand der siver ud af lagunen svarer til koncentrationen af de pågældende stoffer i det vand der løber ind i plantelagunen, mens der for partikulært stof alene anvendes koncentrationer



for indtagsvandet. Herved antages at alt stof med nedsivningsvandet når ud til vandløbet, hvilket ikke er realistisk, dvs. denne korrektion underestimerer tilbageholdelsen over plantelagunen (dels ender ikke al nedsivningsvand i vandløbet, dels vil der ske stoffjernelse f.eks. af nitrat gennem sedimentet). For første måleår er der desuden taget højde for at der i en periode var et gammelt overløbsbygværk som ved høje vandstand i plantelagunen var aktivt, således at der for den del af vandmængden anvendes samme stoffkoncentrationen som i det vand, der afstrømmer fra dambruget i udløbet fra plantelagunen. Sammenlignes den korregerede procentuelle tilbageholdelse de to måleår ift. inputtet til plantelagunen er den højere andet måleår for nitrat og total kvælstof, fosfor fraktionerne og suspenderet stof, men lidt lavere for ammonium kvælstof og organisk stof.

Udtrykkes stoffjernelsen ift. overfladearealet i plantelagunerne fjernes der 2,7 g N pr. m<sup>2</sup> pr. døgn for total kvælstof i 2. måleår. Såfremt man anlægger et – ikke realistisk - worst case skøn over omsætningen, og antager, at vand der nedsiver, medbringer nitrat i samme koncentration, som i tilførslen til plantelagunen, fås der således korregeret en fjernelse på 1,9 g N pr. m<sup>2</sup> pr. døgn for total kvælstof i 2. måleår. Dette er knap det dobbelte af forudsætningen for modeldambrugene på 1,0 g pr. m<sup>2</sup> pr. døgn, som blev fastlagt efter der på Døstrup Dambrug var målt mellem 0,9 og 1,4 g N pr. m<sup>2</sup> pr. døgn (*Fjorback et al., 2003*). Selv med et nettovandtab over plantelagunen på 14 % har kvælstoffjernelsen pr. arealenhed plantelagune i det andet måleår været betydeligt over forudsætningen. Den samlede fjernelse af total-kvælstof over Ejstrupholm Dambrug har dog, grundet ammonium, ikke været tilstrækkelig til overholdelse af udlederkrav DS2399. For ammonium kvælstof, total fosfor og BI<sub>5</sub> har stoffjernelsen pr. m<sup>2</sup> plantelagune begge måleår været noget højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som gav:

0,16 - 0,29 g NH<sub>4</sub>-N pr. m<sup>2</sup> plantelagune pr. døgn

0,03 – 0,07 g fosfor pr. m<sup>2</sup> plantelagune pr. døgn

1,8- 2,5 g BI<sub>5</sub> pr. m<sup>2</sup> plantelagune pr. døgn

På Døstrup Dambrug var der ikke et nettoudsivning af vand fra plantelagunerne.

Sammenlignes stoffjernelserne pr. m<sup>2</sup> plantelagune med første års beregninger og selv korregeret for et urealistisk worst case scenarie m.h.t. vandtab, har stoffjernelsen pr. m<sup>2</sup> plantelagune andet måleår været lidt højere eller lig med resultaterne i første måleår for alle kemiske komponenter på nær ammonium kvælstof. Grundet det store nettovandtab i første måleår (46 %) over plantelagunen, skal denne sammenligning dog foretages med et vist forbehold.

#### **9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget**

I dette afsnit sættes summen af stoffjernelse de forskellige steder på dambruget til 100 % for direkte at kunne sammenligne stoffjernelsen over:

- Produktionsanlægget, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 15) og ikke tages højde for det (figur 30)
- Plantelagunen
- Vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Holtum Å ved udløb fra dambruget

I tabel 15 findes værdierne ved:

$$\text{Samlet nettostoffjernelse} = (PA_s - KV_s) + PL_s + VL_s, \text{ hvor} \quad (3)$$

$PA_s$  = stoffjernelse over produktionsanlægget brutto, dvs. uden kompensation for stoftab fra slambassiner med klaringsvandet

$KV_s$  = stoffjernelse med klaringsvandet fra slambassinerne

$PL_s$  = stoffjernelse over plantelagunerne

$VL_s$  = stoffjernelse fra dambruget til vandløbet via udløbet fra dambruget

Idet den samlede nettostoffjernelse sættes til 100 % beregnes de tre andre størrelser i ligning 3 som procent af den samlede nettostoffjernelse.

I figur 30 er ligning 3 ændret til:

$$\text{Samlet bruttostoftab} = PA_s + PL_s + VL_s \quad (4)$$

og det samlede bruttostoffjernelse er sat til 100 %. En del af det stof der fjernes i produktionsanlægget ved overførsel til slambassinerne tabes igen med klaringsvandet, og denne andel er vist som en negativ fjernelse i figur 30.

Nettofjernelsen (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet) viser, at andelen af den samlede stoffjernelse i produktionsanlægget ift. den samlede stofbalance over dambruget (tabel 15) er 53-54 % hvad angår ammoniumkvælstof, total fosfor og organisk stof og dermed er den vigtigste renseforanstaltning for disse stoffer. Der fjernes således netto ca. 5 gang mere ammoniumkvælstof og 3 gange mere total fosfor over produktionsanlæggene end over plantelagunen (selv uden korrektion for stoftab ved nedsivning). Til gengæld er plantelagunen vigtig for omsætning/fjernelse af total kvælstof, 27 % mod 30 % netto over produktionsanlægget og organisk stof (28-29 %). Tabet til vandløbet udgør 43 % af total kvælstof og 37 % af ammoniumkvælstof (ud over hvad der evt. når til vandløbet via nedsivningsvandet). For total fosfor og organisk stof udgør stoftabet til vandløbet mellem beskedne 6 og 18 %. Sammenlignet med 1. måleår er andelen af stofinput med indtagvand og produktionsbidrag større andet måleår for alle stoffer, hvilket både skyldes højere produktion og væsentligt lavere nettovandtab over plantelagunen i 2. måleår.

Samlet viser tabel 15, at der for kvælstof fortsat er potentiale for øget stoffjernelse på dambruget/yderligere renseforanstaltninger. I første omgang via forbedret nitrifikation, efterfølgende via denitrifikation.

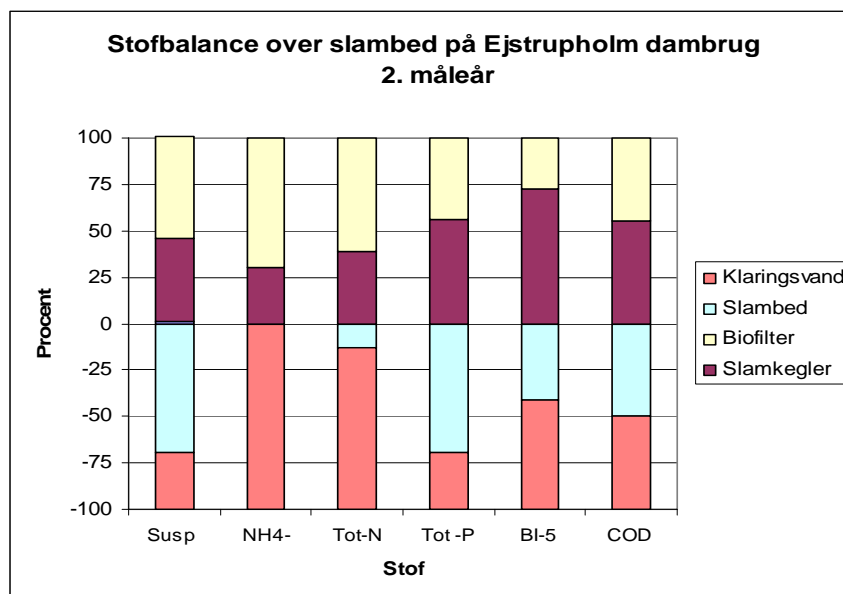
	NH <sub>4</sub> -N (%)		TN (%)		TP (%)		BI <sub>5</sub> (%)		COD (%)	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
<b>Produktionsanlæg – klaringsvand (PA<sub>s</sub> – KV<sub>s</sub>)</b>	60	53	27	30	71	53	49	55	49	54
<b>I plantelagune (PL<sub>s</sub>)</b>	25	10	47	27	23	31	23	39	40	28
<b>Til vandløb (VL<sub>s</sub>)</b>	15	37	26	43	6,0	16	6,0	6,6	11	18

**Tabel 15** Sammenligning for Ejstrupholm Dambrug af netto stoffjernelse over produktionsanlægget (dvs. hvor der er taget højde for det stof, der løber med klaringsvandet til plantelagunerne), stoffjernelse over plantelagunen og stoftilførsel til Holtum Å, hvor samlede stofmængder i indtagsvand plus produktionsbidrag er sat til 100 %. Tal fra tabel 13 og 14 samt de tilsvarende procentuelle nettostoffjernelse for første måleår. Der er ikke korigeret for evt. stoftab med nedsivningsvandet.

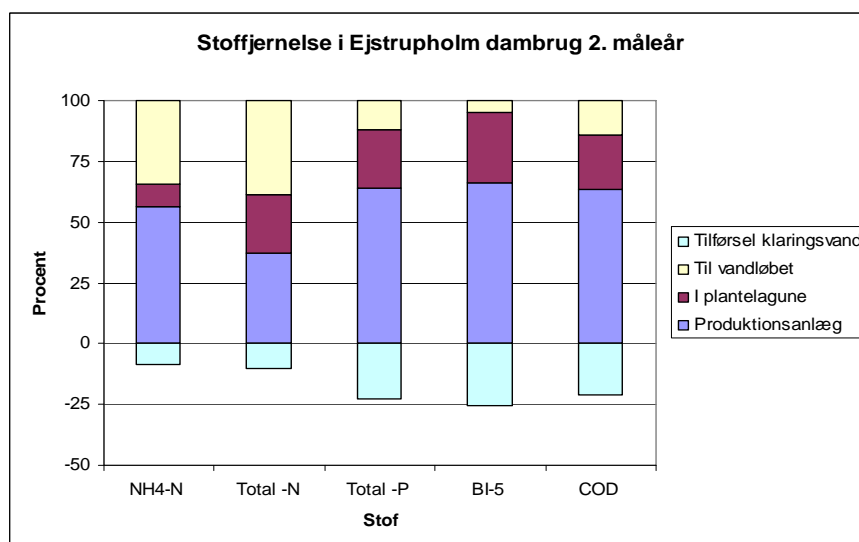
Stofbalancen over slambassinerne viser (figur 30), at for total fosfor og organisk stof tilføres hovedparten fra slamkeglerne, mens skyllevandet fra biofiltrene leverer hovedparten af total- og ammonium-kvælstof. Tilbageholdelsen i slambassinerne er ca. 70 % for suspenderet stof og total fosfor, 40-50 % for organisk stof, mens hele 87 % af det tilførte total kvælstof til slambassinerne bliver udledt med klaringsvandet til plantelagunen.

Tabet med klaringsvandet var det første måleår ret betydelig, hvad angår BI<sub>5</sub> på godt 25 % og procentuelt ca. det halve for total fosfor, af den samlede stoffjernelse over dambruget. I det andet måleår er tabet med klaringsvandet procentuelt det samme for organisk stof, men næsten dobbelte så stort for total fosfor (figur 31) sammenlignet med første måleår, ligesom der er en stigning for ammonium og total kvælstof. Tabet er så stort, at det næsten udgør den samme stofmængde som plantelagunen er i stand til at tilbageholde/omsætte angående total fosfor, organisk stof og ammonium-kvælstof og det halve for total kvælstof.

Det er ikke hensigtsmæssigt, at så stor en andel af stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler og biofiltre og ført over i slambassinerne, umiddelbart herefter mobiliseres og ledes tilbage til plantelagunerne. Figur 31 viser det relativt store potentiale, der er for yderligere stoffjernelse af nogle stoffer i produktionsanlægget, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet fjernes efterfølgende i plantelagunerne, dvs. den absolutte stoffjernelse i disse kan blive reduceret ved en lavere belastning. Endvidere indgår organisk stof i denitrifikationen i plantelagunen, hvorved kvælstoffjernelsen heri forbedres.



**Figur 30** Stoffjernelse over slambassiner på Ejstrupholm Dambrug det andet måleår. Bidragene kommer fra biofiltre og slamkegler i produktionsanlægget. Stofindholdet i klaringsvandet angiver stoftabet fra slambassinerne.



**Figur 31** Stoffjernelse på Ejstrupholm Dambrug i det andet måleår. Summen af stof, fjernet i produktionsanlægget og over plantelagunen samt tilført vandløbet, er sat til 100 %. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er vist som brutto tilført slambassinerne, men da der bliver tilbageført stof med klaringsvandet til plantelagunerne er dette bidrag vist som en negativ stoffjernelse, dvs. nettofjernelsen (%) er forskellen mellem den mørkeblå og den lyseblå søjle. Baseret på tabel 13 og 14.

## 10 Vandløbsfauna

### 10.1 Fysiske forhold i Holtum Å

Der er gennemført indsamling af faunaprøver henholdsvis op- og nedstrøms Ejstrupholm Dambrug i Holtum Å. Strækningen, hvor opstrømsprøven er udtaget, er beliggende i en veldefineret ådal. Umiddelbart nord for strækningen findes et put-and-take fiskeri, men vandløbsbrinken er dog intakt med en bræmme af både buske og urter. Langs vandløbet findes en veludviklet kantbevoksning af Sødgræs. Vandløbsbunden er overvejende sandet. Der er en submers vegetation af Vandranunkel og Smalbladet Mærke langs bredden. Der er forekomst af grus og enkelte sten langs den sydlige bred. Det fysiske indeks på strækningen er ved prøvetagninger registreret til 21-31 svarende til moderat til god fysisk vandløbskvalitet (Pedersen *et al.*, 2007).

På strækningen nedstrøms for dambruget, er prøvetagningslokaliteten på den ene side afgrænset af eng, og på den anden side af skov. Vandløbsbunden er sandet uden grus og sten. Der forekommer Vandranunkel, Vandaks og båndblade i vandløbet. Det fysiske indeks på strækningen nedstrøms for dambruget er registreret til 13-22 svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

### 10.2 Smådyrfauna

Der er i alt i 10 prøver registreret 66 taxa fra de fem prøvetagninger foretaget af DMU i perioden februar 2005 til juli 2007. De mest artsrige grupper har været vårfluer, døgnfluer, slørvinger og snegle med henholdsvis 18, 7, 5 og 5 arter. Dansemyg er dog ikke blevet artsbestemt, men blot opdelt i 5 hovedgrupper. Det samlede artsantal af dansemyg er derfor væsentligt højere. De dominerende taxa i prøverne fra Holtum Å var ferskvandstangloppen *Gammarus*, døgnfluer af slægten *Baetis*, kvægmyg samt dansemyg. Disse fire faunagrupper udgjorde i 9 ud af 10 udtagne faunaprøver 90-99 % af det samlede individantal i prøverne.

Følgende rentvandsformer blev registreret i prøverne: døgnfluerne *Kage-ronia fuscogrisea* og *Paraleptophlebia submarginata*, slørvingerne *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura standfussi* og *Leuctra sp.* vårfluerne *Rhyacophila spp.*, *Silo nigricornis* og *Sericostoma personatum* samt huesneglen *Ancylus fluviatilis*. De rentvandskrævende taxa forekom dog generelt kun fåtalligt i prøverne.

Blandt de taxa, som generelt betragtes som tolerante, forekom kvægmyg ved alle fem prøvetagninger talrigt nedstrøms for Ejstrupholm Dambrug (700-2675 individer pr. prøve). Kvægmyg udgjorde her 41-73 % af det samlede individantal. I modsætning hertil forekom kvægmyg med 250-710 individer i opstrømsprøverne svarende til 18-44 % af det samlede individantal. Blandt de øvrige tolerante taxa er det kun børsteorme *Oligochaeta*, der i et enkelt tilfælde forekommer talrigt. Dette var på lokaliteten nedstrøms for dambruget ved den første prøvetagning i februar 2005.

På dette tidspunkt var dambruget endnu ikke taget i brug som "model-dambrug".

Tilstanden i Holtum Å udtrykt ved Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) (Skriver et al., 1999) er i nedenstående tabel 16 vist både opstrøms og nedstrøms for dambruget. Både data fra DMU, Vejle Amt og Ikast-Brande kommune er medtaget. Generelt ligger tilstanden på både op- og nedstrøms stationerne i et område mellem faunaklasse 4 og 5. Dette svarer til at tilstanden ligger på grænsen mellem ikke-opfyldt/opfyldt målsætning (DVFI = 5). DVFI-værdierne indikerer, at tilstanden opstrøms for dambruget siden oktober 2005 har stabiliseret sig på faunaklasse 5, svarende til at målsætningen er opfyldt. I denne periode har faunaklassen været 5 i 6 ud af 7 tilfælde. Nedstrøms for dambruget har DVFI gennem hele perioden juli 2005 til september 2007 kun i tre tilfælde været højere end 4, svarende til at målsætningen generelt ikke har været opfyldt.

	DMU/amt/kommune	Holtum Å, opstrøms	Holtum Å, nedstrøms
<b>April 2004</b>	Vejle Amt	5	4
<b>Februar 2005</b>	DMU	4	4
<b>Maj 2005</b>	Vejle Amt	5	4
<b>Oktober 2005</b>	DMU	4	4
<b>Oktober 2005</b>	Vejle Amt	5	4
<b>Marts 2006</b>	Vejle Amt	5	6
<b>Juni 2006</b>	DMU	5	5
<b>September 2006</b>	DMU	5	4
<b>September 2006</b>	Vejle Amt	5	4
<b>April 2007</b>	Ikast-Brande Kommune	4	5
<b>Juli 2007</b>	DMU	5	4

**Tabel 16** Tilstanden i Holtum Å op- og nedstrøms Ejstrupholm Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målinger foretaget af henholdsvis Vejle Amt og DMU.

Ved de fem prøvetagninger der er foretaget af DMU har der i to tilfælde været forskel i bedømmelserne mellem opstrøms og nedstrøms lokaliteterne. I begge tilfælde var faunaklassen 5 på opstrøms lokaliteten, mens faunaklassen var 4 på nedstrøms lokaliteten. I begge tilfælde viser en nærmere gennemgang af faunalisterne, at der er tale om marginale forskelle mellem op- og nedstrømslokaliteterne. I september 2006 blev der registreret enkelte individer af sneglen *Ancylus fluviatilis* samt vårfluen *Rhyacophila sp.* For begge taxa gælder, at de er knyttet til sten og grusbund. Mangelen på sten- og grusbund på lokaliteten nedstrøms for Ejstrupholm dambrug kan således være årsagen til den begrænsede faunamæssige forekomst, som er blevet registreret. Ved prøvetagningen i juli 2007 var forskellen i faunaklasse betinget af sporadisk forekomst af enkelt individer af visse positive diversitetsgrupper (bl.a. *Dugesia*, *Ephemera*, *Amphinemura* og *Nemoura*). Som helhed var faunasammensætningen i op- og nedstrøms prøverne dog stort set identisk.

## 11 Planter i grødefyldte bassiner

På baggrund af opmålinger af de grødefyldte bassiner som udgør plantelagunen (en del af de tidligere produktionsdamme og føde-/bagkanaler) kan plantelagunen karakteriseres som angivet i tabel 17.

Ejstrupholm Dambrug	
Antal grødefyldte bassiner/kanaler	21 bassiner + 675 m kanaler
Samlet areal	8.050 m <sup>2</sup>
Middeldybde	0,88 m
Samlet volumen	7.113 m <sup>3</sup>
Gennemstrømning	Måleår 1: 46,3 l/s Måleår 2: 41,7 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	Måleår 1: 42,7 timer Måleår 2: 47,4 timer

**Tabel 17** Antal bassiner/kanaler, samt areal, middeldybde og volumen af grødefyldte bassiner som plantelagunen består af på Ejstrupholm Dambrug. På baggrund af den målte gennemstrømning er den gennemsnitlige opholdstid i plantelagunen beregnet.

Med henblik på registrering af plantedækning og forekomst af de enkelte arter, blev der defineret i alt 42 bassiner og kanalafsnit. Heraf er der i 33 bassiner og kanalafsnit foretaget registrering af vegetationens samlede dækning, samt dækning af forekommende plantearter på en 6 trins skala (0-5, 5-10, 10-25, 25-50, 50-75, 75-100 % dækning). Ved maksimal udvikling af vegetationen i september 2006 og 2007 er der udtaget prøver fra de dominerende plantearter til bestemmelse af tørvægt pr. m<sup>2</sup>. Efterfølgende er de udtagne planter blevet analyseret for indhold af kvælstof og fosfor, således at planternes samlede indhold af kvælstof og fosfor gennem året kan beregnes. En oversigt med indholdet af N og P pr. gram tørvægt af de enkelte plantearter er vist i tabel 18.

Art	Kvælstof	Fosfor
	g N pr. kg tørvægt	g P pr. kg tørvægt
Sødgræs (n = 26)	33,6	4,3
Vandpest (n = 9)	48,3	14,8
Vandstjerne (n = 2)	53,9	28,6
Liden Andemad (n = 28)	49,6	8,7
Trådalger (n = 5)	41,1	8,5

**Tabel 18** Indhold af kvælstof og fosfor i de fem dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner i Ejstrupholm Dambrug. Indholdet af N og P er målt i prøver ved maksimal plantedækning (september 2006 og 2007). Antallet af prøver for hver planteart er angivet (n). Sødgræs i de grødefyldte bassiner består 60 % af Manna Sødgræs og 40 % af Høj Sødgræs (vægtede gennemsnit for både N og P værdier).

Der er i alt registreret 20 plantearter i de grødefyldte bassiner samt kanaler i perioden juli 2005 til september 2007. Det er imidlertid kun Sødgræs og i mere begrænset omfang Vandpest, Vandstjerne, Liden Andemad og trådalger, der kvantitativt har betydning i dammene som helhed (tabel 19). Sødgræs og Liden Andemad har begge den mindste forekomst i forårs månederne og udvikles herefter hen gennem sommeren og efteråret med maksimal dækning og biomasse (tørvægt) i september-november.

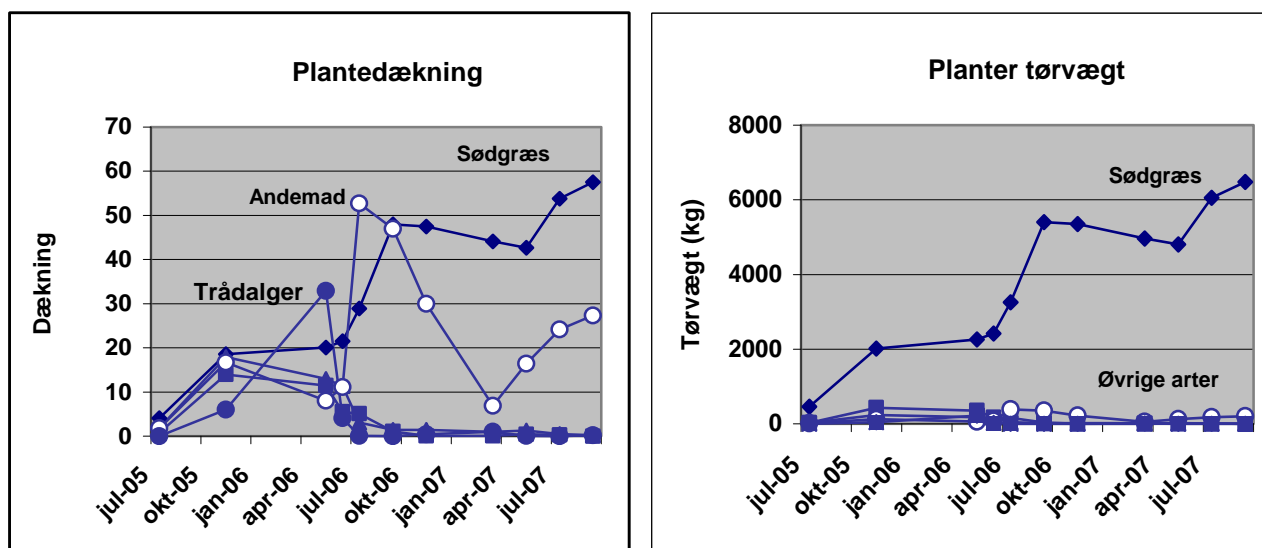
Hen gennem perioden juli 2005 til september 2007 er der kvalitativt sket et skift i artssammensætningen og kvantitativt sket en forøgelse af planternes samlede biomasse (figur 32 og tabel 20). I 2005 var planternes dækning og tørvægt lav i plantelagunerne. Til gengæld var der en nogenlunde ligelig forekomst af Sødgræs, Vandstjerne, Vandpest og Liden Andemad (14-19 % dækning i efteråret 2005). I foråret 2006 var især Sødgræs i stand til at fastholde dækningen fra året før, mens de øvrige arter gik lidt tilbage. Trådalger havde en kortvarig kraftig opvækst i foråret 2006 (dækningen > 30 %). Til gengæld opbyggede Sødgræs og Liden Andemad herefter begge en dækning på omkring 50 % som blev nået i starten af efteråret 2006.

Art	Dækning (%)		Tørvægt (g m <sup>-2</sup> )	
	april-maj	sept.-nov.	april-maj	sept.-nov.
Sødgræs	20-43	19-58	281-617	250-804
Vandpest	0-12	0-14	0,4-44	0,4-54
Vandstjerne	1-13	1-18	1,7-21	0,3-30
Liden Andemad	8-16	17-30	6,4-15	15-43
Trådalger	0-33	0- 6	0,1-27	0-5

**Tabel 19** Dækning og tørvægt af de 5 hyppigst forekommende planter i de grødefyldte bassiner i Ejstrupholm Dambrug i perioden juli 2005 til september 2007.

I 2007 havde kun Sødgræs (40-60 %) og Liden Andemad (10-30 %) betydning for plantedækningen, hvorimod ingen af de øvrige arter havde en dækning over 2 %. Trådalgerne havde således ikke noget forårsmaksimum i 2007.

På basis af tørvægten er Sødgræs gennem perioden juli 2005 til september 2007 blevet stadigt mere dominerende i plantelagunerne, hvor arten i sommeren og efteråret 2007 udgjorde 97 - 99 % af den samlede tørvægt.



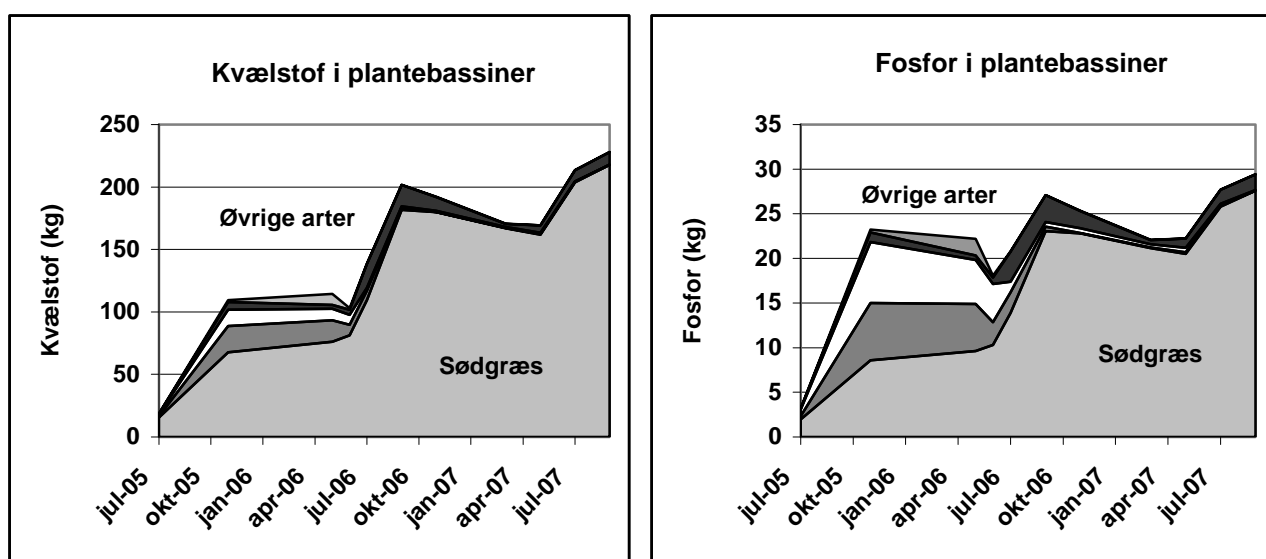
**Figur 32** Planternes forekomst i de grødefyldte bassiner i Ejstrupholm Dambrug udtrykt som plantedækning i % (venstre figur) og som kg tørvægt i hele systemet (højre figur). Kun Sødgræs har kvantitativ betydning når sammenstillingen foretages på basis af tørvægten.



	Tørvægt		Kvælstof		Fosfor	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Hele anlægget (kg)	2.852	6.683	19	228	3	29
Gram pr. m <sup>2</sup>	354	830	2,3	28,3	0,4	3,7

**Tabel 20** De minimale og maksimale værdier af planternes tørvægt samt indhold af N og P for hele det grødefyldte afsnit i Ejstrupholm Dambrug i perioden juli 2005 til september 2007. Den minimale og maksimale tørvægt af de fem dominerende plantearter samt planternes indhold af N og P er endvidere angivet pr. m<sup>2</sup> for bassinerne som helhed.

Indholdet af kvælstof og fosfor i de fem dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner er illustreret i figur 33. For kvælstof gælder, at langt hovedparten er bundet i Sødgræs. For fosfor er hovedparten ligeledes bundet i Sødgræs, men dog i lidt mindre omfang. Årsagen hertil er, at de forskellige plantearters relative indhold af fosfor varierer noget mere end for kvælstof (tabel 18).



**Figur 33** Kvælstof og fosfor bundet i plantebiomassen i de seks dominerende plantearter i de grødefyldte bassiner i Ejstrupholm Dambrug.

Det relativt større indhold af fosfor i Vandstjerne og Vandpest betyder samlet, at 38-57 % af fosformængden er bundet i disse to arter i det sene efterår 2005 samt i foråret og forsommeren 2006. I efteråret 2006 samt i 2007, hvor Sødgræs dominerer på bekostning af Vandstjerne og Vandpest, er 85-95 % af fosformængden bundet i Sødgræs.

## 12 Diskussion

I dette kapitel er der en kort diskussion omkring nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det andet måleår ved Ejstrupholm Dambrug som supplerer den diskussion, der er i de enkelte kapitler i statusrapporten. Endvidere foretages der nogle sammenligninger med hovedresultater fra første måleår, således at de overordnede resultater for hele den toårige forsøgsperiode ved dambruget vurderes og diskuteres. Hvor det er fagligt muligt drages konklusioner ift. resultaterne for Ejstrupholm Dambrug. Det er ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden omkring en række resultater, dette sker i den faglige samlerapport for de otte modeldambrug. Sammenligninger med resultaterne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen sker også kun i den faglige samlerapport, der kommer med overordnede generelle konklusioner og faglige anbefalinger fra forsøgsprojektet.

Første måleår på Ejstrupholm dambrug (år 1) omfatter 23. juni 2005 til 22. juni 2006 og andet måleår (år 2) 23. juni 2006 til 22. juni 2007. I forhold til første måleår er der sket en genberegning af produktionsbidraget, som igen betyder at de beregnede rensegrader, der er relateret til produktionsbidraget, er blevet justeret ift. første års statusrapport (*Svendsen et al., 2006*).

### Vandforbrug, -flow og opholdstid

Der er i gennemsnit indtaget hhv. 47 l/s (år 1) og 43 l/s (år 2) eller henholdsvis 18 % og 25 % mindre end indvindingstilladelsen. Vandhastigheden internt i produktionsenhederne har begge år været ca. 7 cm/s i produktionsenhed 1 og 5 cm/s i produktionsenhed 2. Det interne flow har for de to produktionsenheder i alt været ca. 1.050 l/s (år 1) hhv. ca. 1.080 l/s svarende til recirkuleringsgrader på 95,5 og 96,0 %. For modeldambrug type III er forudsat en recirkuleringsgrad på mindst 95 %. Vandforbruget er med hhv. 2.950 l og 2.600 l vand pr. kg produceret fisk i de to måleår reduceret med ca. en faktor 15 sammenlignet med traditionelle gennemstrømningsanlæg. Sammenlignet med tidligere tilladt vandindtag er reduktionen ca. en faktor 14.

I første måleår tilføres plantelagunen i gennemsnit 46 l/s mens der fra plantelagunen til vandløbet måles et udløb på 25 l/s, dvs. et nettotab over plantelagunen på 46 % af tilførslen hertil. I andet måleår tilføres 42 l/s til plantelagunen og der måles i udløbet til vandløb 36 l/s, dvs. et tab på 14 % af vandtilførslen. Det forekommer sandsynligt, at der i begge måler år har været et vist vandtab ved udsivning gennem plantelagunens bund, idet sedimentet i ådalen er præget af sand og grus. I første måleår beskrives i *Svendsen et al. (2006)*, at der tilsyneladende har været utætheder i et gammelt udløbsbygværk nær det egentlige afløb fra dambruget, hvor der skønnes at have været et vandtab på 10 l/s ved høj vandstand i plantelagunen i vinterhalvåret 2005/06. Dette mere direkte vandtab til Holtum Å er der taget søgt taget højde for ved beregningerne af rensegrader over plantelagunen første måleår.

Det lavere vandtab over plantelagunen i andet måleår skyldes dels, at der ikke længere tabes vand via overløbsbygværk direkte til Holtum Å og dels, at der i år 2 faldt ca. 55 % mere nedbør, hvilket også har påvirket grundvandsstanden i ådalen især i vinterperioden, hvor der blev registreret 2-3 gange mere nedbør end normalen for området. Endvidere vil det være forventeligt, at der sker en vis reduktion i infiltrationskapaciteten når der ophobes fine partikler i den øvre del af sand- og grusaflejringerne under plantelagunen, således at denne med tiden får et reduceret stoftab ud af bund og sider.

Med det nedsivende vand kan der følge opløste næringsstoffer (nitrat, nitrit og ammonium-kvælstof, opløst fosfor, opløst organisk stof) og meget små partikler. Stofferne i det nedsivende vand kan omsættes eller bindes i jorden, noget kan nå grundvandet, noget kan genindvindes via dræn og borer og noget kan nå frem til Holtum Å. Ved beregningerne af stofomsætning/stoftilbageholdelse i plantelagunen vil denne blive overestimeret, hvis der har været stoftab sammen med det omtalte vandtab, hvorfor der for nogle beregninger er søgt taget højde for vandtabet, da det har været så forskelligt de to år, at det uden korrektioner er svært at sammenligne de to måleår. I den faglige samlerapport vil der på tværs af dambrugene blive givet en vurdering af betydningen af stoftab med nedsivningsvandet for de beregnede rensegrader og stoftabet.

Opholdstiden i det samlede produktionsanlæg har i gennemsnit været ca. 35 timer (år 1) og ca. 37 timer (år 2). *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* forudsætter en opholdstid på mindst 18,5 timer i produktionsanlægget. Med en opholdstid på over 3 døgn (hhv. 77 og 84 timer) over hele dambruget vil man umiddelbart kunne forvente at langt hovedparten af det let omsættelige organiske stof (BI<sub>5</sub>) når at blive omsat på dambruget (*Fjorback et al., 2003*).

### **Planlelaguner**

Den hydrauliske belastning af plantelagunerne på 0,006 l pr. m<sup>2</sup> plantelagune er ca. en tredjedel af den maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Det vurderes således ikke at være noget problem ift. til hovedparten af de omsætningsprocesser, der sker i plantelagunerne og det vil kunne øge sedimentation af partikler. Opholdstiden i plantelagunen er som gennemsnit beregnet til hhv. knap 43 timer (år 1) og godt 47 timer.

De enkelte damme er gravet sammen, således at plantelagunerne i princippet er flere parallelt løbende vandløbssystemer, hvor der er sikret et vist flow igennem disse. Såfremt plantevæksten er beskeden vil meget lav vandhastighed øge risikoen for en opblomstring af trådalger i foråret, og der blev registreret en kortvarig opblomstring heraf i foråret 2006. Opholdstiden i plantelagunen er beregnet som gennemsnit for de to måleår til henholdsvis 43 og 47 timer, men der kan naturligvis lokalt være variationer i opholdstiden, afhængig af hvor vand tilledes denne.

Fra starten af første måleår var der lav dækningsgrad og biomasse i de jorrdamme og gamle kanaler som plantelagunen består af. Dækningsgrad og biomasse er overordnet steget gennem de to måleår med den største vækst om foråret og sommeren. De relativt milde vintre medfører, at en større del af planterne overvintrer og kan etableres på et stadigt

større areal. Dækningsgrad og biomasse er størst i perioden august-november, hvor biomassen i 2007 bliver op til ca. 900 gram pr. m<sup>2</sup> (svarende til over 7 tons tørvægt i plantelagunen), mens der sent vinter/tidligt forår 2005/06 var et minimum på under 300 gram pr. m<sup>2</sup>. Minimum optræder typisk først efter en længere kold periode, gerne sent på vinteren og i marts. Der er registreret 20 plantearter, hvor der i 2005 var en ligelig forekomst af Sødgræs, Vandstjerne, Vandpest og Liden Andemad, men gradvist kommer Sødgræs til at dominere, således at Sødgræs i 2007 udgør 40-60 % dækning og Liden Andemad 10-30 %. Sødgræs dominerer klart tørvægten med hele 97-99 % i efteråret 2007.

Baseret på bestemmelse af indholdet af kvælstof og fosfor i de fem mest forekomne plantearter (Sødgræs, Liden Andemad, Vandpest, Vandstjerne og Mærke) er det beregnet, at på det tidspunkt, hvor biomassen er størst i plantelagunen i 2007 har planterne akkumuleret ca. 225 kg kvælstof (godt 28 g N pr. m<sup>2</sup>) og knap 30 kg fosfor (3,7 g P pr. m<sup>2</sup>). Senere i dette kapitel sammenholdes disse tal med den samlede fjernelse/tilbageholdelse af kvælstof og fosfor i plantelagunerne for at kvantificere planternes begrænsede betydning for selve massebalancen, men det skal erindres, at herudover skaber planterne muligheder for de organismer, der omsætter bl.a. nitrat, ligesom planterne er med til at tilbageholde partikler og stabilisere aflejret materiale i bunden af plantelagunen.

### **Foder og produktionsbidrag**

I det første måleår har Ejstrupholm Dambrug med anvendelse af godt 386,5 tons foder haft en produktion 475,4 tons fisk (inkl. døde) i produktionsanlægget og opnået en meget god foderkvotient på 0,813. I det andet måleår er anvendt 461 tons foder og produceret 518 tons fisk og hermed en foderkvotient på 0,89. Der er således begge måleår anvendt mere foder end miljøgodkendelsens fodertilladelse på 379 tons. Trods højere foderkvotient vurderes det ikke, at driftsforholdene har været dårlige i år 2. Hovedparten (over 85 %) af det anvendte foder har været samme fodertype de to måleår. Dambruget startede i år 1 med en lille fiskebestand og der har i gennemsnit været en væsentlig større fiskebestand i år 2.

Produktionsbidraget for første år er genberegnet, da det gennemsnitlige indhold af kvælstof og fosfor i regnbueørred er blevet revideret ud fra resultater og litteraturstudier. Der anvendes nu lidt lavere værdier end anvendt i Dambrugsbekendtgørelsen, idet der er regnet med 2,75 % kvælstof af fiskens totale vådvægt for hel fisk på 300-1000 gram (mod hidtil anvendt 3 %) og tilsvarende for fosfor 0,43 % mod hidtil 0,5 %. Justeringerne giver en mindre stigning i produktionsbidraget ift. de oprindeligt opgivne værdier i rapporten for første måleår (*Svendsen et. al., 2006*), hvilket også betyder, at de beregnede rensegrader stiger lidt.

Endvidere er produktionsbidraget for organisk stof (BI<sub>5</sub> og COD) også opjusteret ift. rapportering af førsteårs-resultaterne. Nye undersøgelser, foretaget på de mest anvendte fodertyper, af det stofbidrag/-tab, der sker direkte til vandfasen som opløst eller finpartikulært og derfor ikke indgår i den partikulære fækaliedel, har vist, at der oveni tabet med bundfældeligt/partikulært stof (fækalier) skal tillægges 43,5 % som mål for bidraget som opløst/finpartikulært stof.

Produktionsbidraget, der er baseret på foderanalyser af næsten alle batches og fordøjelighedsforsøg på en række af de mest anvendte fordertyper, er beregnet for ammonium-kvælstof, total-kvælstof, total fosfor,  $\text{BI}_5$  og COD. Selv om konkrete målinger af foderspild under forsøgsprojektet bl.a. på Ejstrupholm Dambrug har vist, at dette er minimalt ved normal drift, er det sat til 1 % for tab med støv og smuld og et antaget, mindre spild f.eks. ved unormale driftsforhold.

Produktionsbidraget er som ventet klart hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførsel med indtagsvandet kun udgør 1-4 % for  $\text{BI}_5$ , ammonium kvælstof og total fosfor, 8-9 % for COD og 12-17 % for total kvælstof af den samlede stoftilførsel til Ejstrupholm Dambrug i begge måleår; mest i år 1 hvor vandforbruget pr. kg. fisk var større.

### **Stofkoncentrationer**

Ejstrupholm Dambrug blev først fra 2. måleår opgraderet til at være intensivt monitoreret, hvorfor der for år 2 kan skelnes mellem koncentrationsforholdene i de to produktionsenheder. De klart højeste koncentrationer og største variationer heri findes i slamvandet ved tømning af slamkegler, på nær for nitrat-nitrit kvælstof. Der er ligeledes ret høje koncentrationer i skyllevandet fra biofiltrene. Endelig er der høje koncentrationer i klaringsvandet fra slambassinerne af de fleste parametre, undtagen for nitrat-nitrit kvælstof, hvor koncentrationen er meget lav, visende meget stor denitrifikation i slambassinerne. For alle målepunkter under et har variationen i koncentrationen været lidt lavere i andet måleår for suspenderet stof, ammonium og total kvælstof, men højere for de øvrige kemiske komponenter, især ift. nitrat-nitrit kvælstof og  $\text{BI}_5$ . Koncentrationen i afløbet fra dambruget har for alle stoffer på nær nitrat-nitrit kvælstof været højere i andet måleår. Foderforbruget var også 19 % højere i andet måleår, ligesom vandforbruget pr. kg produktion var mindre.

Overordnet har koncentrationsudviklingen været temmelig ens nedstrøms biofiltret i de to produktionsenheder. Der har ikke været markant større koncentrationsvariationer i starten af første måleår, som man kunne have forventet indtil biofiltrenes evne til at omsætte ammonium og  $\text{BI}_5$  gradvist udvikles i takt med at der opbygges bakteriekulturer. Koncentrationerne har overordnet set været højere i andet måleår. Generelt er koncentrationen størst om sommeren for de fleste kemiske parametre, når udfordringen er størst. Ammonium-kvælstof har varieret en del begge måleår og varieret mellem ca. 1 og helt op til 16 mg/l med lave værdier i vinterhalvåret (typisk 0-2 mg/l). I sommeren 2007 startede man en permanent beluftning af biofiltrene og her når ammonium kvælstof i juni kun op på ca. 5 mg/l, dvs. beluftningen tilsyneladende øger ammonium omsætningen i biofiltrene. Til gengæld har pH internt i produktionsenhederne været relativt lav, omkring 6,6, hvilket tydeligvis hæmmer omsætningen af ammonium. Det er veldokumenteret, at en sådan pH-værdi vil bremse nitrifikationsprocessen, hvorfor det må anbefales at hæve pH mindst til 6,8 såfremt nitrifikationsprocessen skal fremmes. Der er efterfølgende taget tiltag til dette på Ejstrupholm Dambrug.

Koncentrationen af ammonium, total kvælstof og total fosfor i klaringsvandet er større i andet måleår end i første. Koncentrationerne er størst om sommeren/efteråret, men der er en sekundær koncentrationstop i

november 2006- januar 2007. Koncentrationen af organisk stof og suspenderet stof i klaringsvandet varierer meget det meste at første måleår og stabiliseres i andet måleår, på ca. samme koncentrationsniveau og overordnet med samme koncentrationsudvikling, som for de øvrige stoffer.

I afløbet fra dambruget er koncentrationen for alle parametre på nær nitrat-nitrit kvælstof højere i andet måleår og formentlig relateret til det øgede stofinput fra produktionsenhederne og med klaringsvandet. Ammonium kvælstof, total kvælstof og total fosfor har de højeste koncentrationer om sommeren/efteråret, hvor nitrit-nitrat toppe i vinterhalvåret. Suspenderet stof koncentrationen stiger svagt gennem måleperioden, mens organisk stof koncentrationen har nogle ret store variationer i år 2. I andet måleår er vandtabet over plantelagunen noget mindre end i første og der har ikke været noget direkte vandtab til Holtum Å. Med de høje opholdstider, der er målt, omsættes en meget stor del af det organiske stof, men ved henfald af planter opbygges der en pulje af organisk stof i bunden af plantelagunen, som i vinterperioden delvist kan mistes via afløbet fra plantelagunen. Det kan delvist forklare de forøgede vinterkoncentrationer, der er målt i udløbet i 2007. Indbygning af kvælstof og fosfor i biomassen er ikke stor nok til at påvirke koncentrationsforholdene (se senere).

Der er for indtagsvandet en svagt faldende tendens for nitrat-nitrit kvælstof og total kvælstof og BI<sub>5</sub> og svagt stigende for total fosfor. Det er dog for svage tendenser til at lave fortolkninger på det.

### Stofudledning pr. kg produceret fisk

Det målte netto stoftab i g pr. kg fisk har for ammonium-kvælstof været henholdsvis 4,5 (år 1) og 14,0 og for total kvælstof derfor hhv. 12,5 og 19,5 (dvs. fraset ammonium er tallet 8 hhv. 5,5) og dermed på niveau med, hvad der blev bestemt for Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*). Der er en forøgelse fra første til andet måleår ift. udledning af ammonium og derfor også total kvælstof. Hvis der tages højde - som en worst case beregning (al stof med udsivende vand fra plantelagunerne når vandløbet) - for, at vandtabet over plantelagunen er faldet markant fra første til andet måleår, er forskellen dog ikke så stort, jf. tabel 21 Det ukorrigerede stoftab til vandløbet af total fosfor (0,26 hhv. 0,51 g kg fisk) og BI<sub>5</sub> (1,0, hhv. 5,3 g pr. kg fisk) er til gengæld væsentligt lavere, end der blev fundet ved Døstrup Dambrug.

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)	
	Ejstrupholm Dambrug - 1. måleår	Ejstrupholm Dambrug - 2. måleår
Organisk stof	4,8	6,2
Total-N	31,0	30,8
Total-P	0,42	0,70

**Tabel 21** Korregeret specifik udledning på Ejstrupholm Dambrug ud fra en worst case – ikke realistisk – antagelse om at al evt. stof i nedslivningsvand fra plantelagunerne når vandløbet.

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI<sub>5</sub>, 1.119 t total kvælstof og 90 t total fosfor ved en produk-

tion på 29.434 t ørreder. Heraf kan beregnes nogle gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er fundet på Ejstrupholm Dambrug (tabel 21).

	Gennemsnit Danmark	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Ejstrupholm Dambrug i % af gennemsnit DK	
		Ejstrupholm Dambrug	Ejstrupholm Dambrug		
		- 1. måleår	- 2. måleår	1. måleår	2. måleår
Organisk stof	105,3	1,0	5,3	1,0	5,0
Total-N	38,0	12,1	19,5	32	51
Total-P	3,1	0,26	0,51	8	17

**Tabel 22** Specifikke udledninger netto som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmarks (i 2003) og målte, specifikke udledninger for Ejstrupholm Dambrug i første og andet måleår. I sidste kolonne er de specifikke tab ved Ejstrupholm Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark.

Ejstrupholm Dambrug har haft markant reducerede specifikke udledninger for organisk stof og fosfor sammenlignet med gennemsnittet af ferskvandsdambrug. Selv om hele tabet via nedsivning - som en worst case beregning og dermed ikke hvad der reelt kan forventes - ansættes til at nå ud i vandløbet, er der tale om markante reduktioner som kan ses i tabel 21.

For organisk stof og fosfor renses der særdeles effektivt på Ejstrupholm Dambrug. Den specifikke, målte udledning af total-kvælstof er i år 2 på 51 % af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i 2003 så det er tydeligt, at der i forhold til kvælstof er et væsentligt potentiale for yderligere stofjernelse. På Ejstrupholm Dambrug bør nitrifikationen i produktionsenhederne og evt. i separat, efterfølgende biofilter forbedres. Det oplagte første skridt er beluftning af biofiltrene samt hævnning af pH fra 6,6 til min. 6,8, tiltag som også siden hen er foretaget på dambruget. På afløbsvandet fra produktionsenhederne kunne et specifikt denitrifikationsfilter eventuelt være relevant.

### Stoffjernelse, rensegrader og vandtab

De forskellige renseforanstaltninger har forskellig effektivitet ift. til de forskellige stoffer, der tilføres, hvorfor den andel af stoftilførslen til dambruget, som via afløbet fra dambruget tabes til Holtum Å, er ret forskellig. 15 % af det tilførte ammonium-kvælstof i første måleår og 37 % i det andet når Holtum Å og de tilsvarende værdier for total kvælstof er hhv. 26 og 43 % (21 % fraset ammonium). Til gengæld udledes kun 6 % (år 1) og 16 % (år 2) af total fosfor-tilførslen, 11 % (år 1) og 18 % (år 2) af COD-tilførslen samt 4% (år 1) og 7 % (år 2) af BI<sub>5</sub>-tilførslen til Holtum Å. Under en tredjedel af den fosfor, som udledes er på opløst og dermed biotilgængelig form. En mindre andel af tilførslen til Holtum Å stammer fra det indtagne vand, som ellers ville være nået frem til vandløbet længere nedstrøms.

Ejstrupholm Dambrugs udledninger af opløste stoffer som ammonium-kvælstof, nitrat og opløst fosfor begrænses i et eller andet omfang af, at der i gennemsnit er tabt 46 % af vandtilførslen i første måleår og 14 % i andet måleår over plantelagunen. Det betyder, at de faktiske tab til vandmiljøet kan være lidt større, specielt i første måleår, hvor der er målt det største vandtab over plantelagunen og hvor en del af dette vandtab

var relateret til en direkte afledning fra plantelagunen over tidligere målebygværk i vinteren 2005/06. Hvor det har været hensigtsmæssigt er der lavet konservative estimater af betydningen af stoftabet i forbindelse med dette vandtab.

De opnåede, målte nettorensesgrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) over hele Ejstrupholm Dambrug har i år 1/år 2 for total fosfor været 86 % hhv. 94 %, 98 % hhv. 94 % år 1 for  $\text{BI}_5$  og dermed langt over forudsætningerne for modeldambrugene (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002*) på henholdsvis 60 og 75 % for et modeldambrug type III uden mikrosigter. Selv hvis det - som en worst case beregning der ikke er sandsynlig - antages, at alt stoftab med vand, der netto tabes over Ejstrupholm Dambrug løb til Holtum Å vil rensesgraden i andet måleår for total fosfor være 81 % og for  $\text{BI}_5$  93 %. Det betyder, at renseforanstaltningerne på Ejstrupholm Dambrug har været særdeles effektive ift. total fosfor og organisk stof, både målt som  $\text{BI}_5$  og COD. For total-kvælstof har nettorensesgraden på hhv. 58 % (år 1) og 47 % også været over forudsætningerne i bekendtgørelsen, da den med de 8.050 m<sup>2</sup> plantelagune er forudsat til godt 41 % fjernelse af produktionsbidraget. Korrigeres for nettovandtabet over plantelagunen i andet måleår har rensesgraden for total kvælstof været 23 % og dermed under forudsætningen, men korrektionen er som nævnt også meget konservativ og ikke realistisk. Den samlede rensesgrad for ammonium falder væsentligt fra første måleår (86 %) til det andet (56 %), men korrigeres for vandtab over plantelagunen ændres rensesgraderne til hhv. 65 % og 44 %. Det antages, at der især efter at der i sommeren 2007 (efter udløb af måleprogrammet) konstant tilførtes luft til biofiltrene i de to produktionsenheder vil omsætningen af ammonium til nitrat (nitrificeringen) blive øget markant, især da pH internt samtidigt søges øget fra 6,6 via kalktilsætning. Dette vil så øge nitrattilførslen til plantelagunen, der er blevet væsentligt hårde belastet i andet måleår grundet øget foderforbrug og dermed større tilførsel fra produktionsenhederne og med klaringvandet. Nitrattjernelseskapaciteten synes dog at være stor i plantelagunerne.

I det andet måleår fjernes mellem 63 og 93 % af det ammonium kvælstof, total fosfor og organiske stof, der tilføres dambruget via indtagsvandet og produktionsbidraget, mod 57 % af total kvælstoffet. Sammenlignet med første måleår er den procentuelle fjernelse næsten 17-23 %-point lavere i andet måleår for kvælstof, men kun 3-9 procentpoint lavere for total fosfor og organisk stof, hvilket igen understreger den begrænsende nitrifikation i år 2. For alle stoffer fjernes procentuelt mest i produktionsanlægget, men hvor der i produktionsanlægget i år 2 fjernes 5 gange mere ammonium kvælstof og ca. dobbelt så meget COD og total fosfor som over plantelagunen, fjernes der næsten lige store andele total kvælstof og  $\text{BI}_5$ . Potentialet for yderligere stoffjernelse i plantelagunerne er vanskelig at vurdere fuldt ud, da renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner en del stof, som plantelagunerne potentielt kunne fjerne, men med de øgede stofudledninger i andet måleår tyder noget på, at der for nogle stoffer ikke kan forventes væsentligt større stoffjernelse over plantelagunen, især hvis nettovandtabet over plantelagunen nærmer sig 0. En forøget nitrifikation i biofiltrene kunne dog udmærket give forøget kvælstofsfjernelse i plantelagunerne.

Fraset vandtab omsætter/tilbageholder plantelagunerne en stor andel af tilført  $\text{BI}_5$ , total fosfor og suspenderet stof og knap 40 % af tilført total



kvælstof (dog 63 % af kvælstof fraset ammonium). Kampagnemålinger af iltkoncentrationen i plantelagunen viser, at iltniveauet ca. 50 meter nedstrøms indløbet af vand fra produktionsanlægget når under 1-2 mg/l og tilsvarende at iltindholdet tæt ved bunden af plantelagunen er nær 0 mg/l. Der er således ved bunden af plantelagunerne gode muligheder for denitrifikation grundet de iltfrie forhold, og tilstedeværelse af nitrat og letomsætteligt organisk stof, mens der i den øvre del af vandmassen i vandet og biofilmen på planterne også foregår en vis aerob omsætning af organisk stof og ammonium-kvælstof. Herudover optager planterne nitrat og opløst fosfor, dette er dog massebalancemæssigt af mindre betydning. Ved maksimal biomasse er det beregnet, at der er indbygget ca. 225 kg kvælstof svarende til 5 % af det total kvælstof, der fjernes/tilbageholdes i plantelagunen i andet måleår. Tilsvarende er der indbygget knap 30 kg fosfor ligeledes svarende til 5 % af tilbageholdt fosfor. Da der sker både tab og opbygning af biomasse gennem vækstsæsonen er dette et minimumsmål for optaget af kvælstof og fosfor i planterne, men der vil kun være tale om en reel tilbageholdelse, hvis plante-materialet høstes og biomassen fjernes fra plantelagunen. Betydningen af næringsstoffoptaget i planter er lavere end målt på Døstrup Dambrug (*Fjorback et al., 2003*). Omsætningen af organisk stof favoriseres i Ejstrupholm Dambrugs plantelaguner af en lang opholdstid.

Generelt fjerner renseforanstaltningerne i produktionsanlægget meget fosfor og organisk stof, men en del af det tilbageholdte stof tabes med klaringsvandet, hvorfor det vil være af betydning at sikre at udledninger fra slambassinerne reduceres. Således ledes ca. 60 % af det BI<sub>5</sub> og 31 % af det fosfor, som ellers var ført over i slambassinerne fra slamkegletømning og returskylning af biofiltrene, videre over i plantelagunerne med klaringsvandet i år 2. For kvælstof er det over 87 % af tilførslen til slambassinerne, der tabes med klaringsvandet i år 2, fordi en del af nitraten og det partikulære kvælstof, omdannes til ammoniumkvælstof. Mængdemæssigt udgør total kvælstof med klaringsvandet i andet måleår godt 20 %, for total fosfor 74 %, for ammonium kvælstof 82 % og for BI<sub>5</sub> 85 % af stoftilførslen til plantelagunen. Dermed bliver tilførslen med klaringsvandet en meget betydende stoffkilde for plantelagunen. Det er uhen-sigtsmæssigt at stof, der reelt er fjernet og opsamlet i slambassinerne i så store mængder ledes til plantelagunen, men det skal dog erindres, at det er nødvendigt med en vis tilførsel af organisk stof til plantelagunen for at drive denitrifikationen deri.

Der arbejdes nu på muligheden af især at få fjernet en del af det ammoniak, der udledes med klaringsvandet og fra produktionsanlæg før det ledes til plantelagunesystemet dels gennem forbedret omsætning i biofiltrene dels gennem en ekstra renseforanstaltning i form af et ekstra, særskilt biofilter. Det kunne også være hensigtsmæssigt såfremt slamvand fra slamkegler og returskylning af biofilter kunne sikres i slambassinerne nogle timer, inden der blev åbnet for tilledning af klaringsvand til plantelagunerne. Det skal i den forbindelse understreges, at dambruket virker meget veldrevet og med relativt stabile driftsforhold og at den permanente beluftning fra juni 2007 samt pH-øgningen må ventes at øge nitrificeringen, men at det høje foderforbrug i andet måleår formentlig kan gøre yderligere renseforanstaltninger ift. Kvælstoffjernelsen påkrævet.

Plantelagunerne har fuldt ud opfyldt forventninger og forudsætningerne til stoffjernelse også når der som en worst case beregning tages højde for nettovandtabet over plantelagunen (tal i parentes), selv om der, sammenlignet med Døstrup Dambrug, er opstrøms renseforanstaltninger som biofiltre. F.eks. har kvælstoffjernelsen med 2,7-3,7 (1,5-1,9) kg N pr m<sup>2</sup> pr. dag ligget 3 (1,7) gange over forudsætningerne i begge måleår. For fosfor har raten med 0,2 (0,2) kg P pr m<sup>2</sup> pr. dag været 2-4 gange højere end målt på Døstrup Dambrug. For BI<sub>5</sub> har den med 6,3 (5,7-5,9) kg pr m<sup>2</sup> pr. dag været ca. 3 gange højere. De højeste rater er fundet i andet måleår, når der tages højde for nettovandtab og da stoftabet er sat konservativt er de faktiske fjernelsesrater højere end angivet i parentes ovenfor. En kompensation for nettovandtabet leder til en underestimering af rensegrader og fjernelsesrater, men til gengæld bliver værdierne de to måleår antageligt mere sammenlignelige. Det har været en fordel, at der har været etableret en vis plantevækst i en del af plantelagunen fra produktionsstart og at der været en yderligere tilvækst efterfølgende, ligeledes må det forventes, at en forøget belastning på en renseforanstaltning fører til en forøget fjernelse.

Tilledningen af klaringsvand skal optimalt ske så opstrøms som muligt i plantelagunen, hvilket også er tilfældet.

Der er behov for yderligere kvælstoffjernelse, hvis der skal sikres en udvidelse af produktionen uden at øge udledningerne af kvælstof. Den vil kunne ske dels gennem forbedret biofilterdrift, dels gennem efterbehandling af afledt vand fra produktionsanlæg og klaringsvand ved hjælp af særskilte biofiltre med nitrifikation og denitrifikation, før tilledning til plantelagunen samt ved at sikre en bedre klaring af slamvand i slambassiner før det afledes til plantelagunen.

### **Udlederkrav**

Vejle Amt har i miljøgodkendelsen forlangt, der skal udføres en tilstandskontrol på alle parametre efter DS2399 og hvor udlederkravene angives som at koncentrationen i afløbet ved vandets passage gennem dambruget ikke må overstige udlederkravene. Kontrol efter DS2399 er en kontrol alene på udledningerne og udlederkontrollen kan ikke gennemføres for de tilfælde, hvor koncentrationen i indtagsvandet er større end i afløbet fra dambruget. Derfor er kontrol efter DS2399 alene lavet på koncentrationen i udledningerne. Der er derfor også lavet en sædvanlig udlederkontrol, som angivet i Bekendtgørelse om modeldambrug, men med tilstandskontrol for alle parametre.

Udlederkontrol lavet som angivet i Bekendtgørelse om modeldambrug viser, at i det første måleår overskrides udlederkravet for total kvælstof, idet udledningen dog kun var beskedne 102 % ift. udlederkravet, mens øvrige udlederkrav klart blev overholdt. I andet måleår, hvor foderforbruget var 19 % højere end i første måleår og nitrifikationen i biofiltrene driftsmæssigt begrænset er udledningen af ammoniumkvælstof med 162 % og total kvælstof derfor med 142 % af udlederværdien efter bekendtgørelsen ikke overholdt, mens den overholdes for de øvrige stoffer som ligger på kun 15-50 % af udlederkravværdierne. Udledningerne har generelt været højere andet måleår, formentlig som følge af højere foderforbrug. Da der generelt set er givet fuld kompensation ift. Dambrugsbekendtgørelsens kravværdier for reduktion i vandforbruget ift. tidligere

drift, kan dette ikke ændre på konklusionen omkring overholdelse af udlederkravene.

Ikast-Brande kommune har revideret miljøgodkendelsens kontrolprogram, så der skal laves tilstandskontrol for  $\text{BI}_5$  og ammonium kvælstof og transportkontrol for de øvrige parametre. Endvidere er der ved beregning af udlederkravene taget højde for, at der ved miljøgodkendelse af Ejstrupholm Dambrug under forsøgsordningen skete en sammenlægning af en foderkvote på 45 tons fra et opstrøms beliggende dambrug. Kommunen har bedt DMU vurdere om de reviderede udlederkrav overholdes med de reviderede kontrolregler, der i øvrigt følger anbefalingerne i *Bekendtgørelsen for Modeldambrug (2002)*. De justerede kontrolregler og udlederkrav viser, at alle udlederkrav overholdes første måleår, mens der er en overskridelse på 134 % for ammonium kvælstof ift. de reviderede krav i andet måleår. Total kvælstof ligger kun på 72 % og dermed overholdes de reviderede udlederkrav.

Den manglende overholdelse af tilladelsens udlederkrav for ammoniumkvælstof (og total kvælstof jvnf. oprindelig tilladelse) i det andet måleår viser, at ved den aktuelle drift og det aktuelle foderforbrug fjerner dambrugets renseforanstaltninger for lidt af især ammonium kvælstof. Kvælstof er den kritiske parameter ift. modeldambrugene under forsøgsordningen, fordi der ved fodertildelingen er set bort fra kvælstof som begrænsende faktor under forsøgsordningen (*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)* og *Pedersen et al. (2003)*). Det er vigtigt via drift og indretning at sikre en tilstrækkelig fjernelse af kvælstof, ikke mindst på ammoniumform i såvel produktionsanlægget som med klaringsvandet fra slambassinet til plantelagunen, for at bevare den tildelte foderkvote under forsøgsordningen eller for den sags skyld at kunne få den forøget. Til gengæld er der slet ingen problemer med at overholde udlederkravene for total fosfor og den vandløbskritiske organisk stof trods højt foderforbrug i andet måleår.

Ved den revidere udlederkontrol Ikast-Brande Kommune har indført, kan vandtabet spille en rolle ved transportkontrol. Dette er der kompenseret for, ved at anvende den indvundne vandmængde frem for det målte afløb fra plantelagunen til Holtum Å.

### **Vandløbsfauna**

Målsætningen i Holtum Å (DVFI = 5) opstrøms og nedstrøms Ejstrupholm Dambrug har ikke været opfyldt ved alle prøvetagninger i perioden maj 2005 – juli 2007, hvor DMU og først Vejle Amt, siden Ikast-Brande Kommune har taget prøver. To ud af ni gange i perioden har DVFI kun været 4 opstrøms dambruget (5 de øvrige gange), mens den nedstrøms har været 4 i 6 tilfælde (to gange 5 og 1 gang 6). Rent fysisk er prøvetagningsstrækningen opstrøms med et fysisk indeks på 21-31 (moderat til god kvalitet) lidt bedre end den tilsvarende nedstrøms strækning, der har indeks 13-22 (moderat fysisk kvalitet).

For de fem prøvetagninger DMU har taget, har der i to tilfælde været forskel opstrøms og nedstrøms dambruget, begge gange med DVFI 5 opstrøms og 4 nedstrøms. En detaljeret gennemgang af faunalisterne op- og nedstrøms strækninger viser dog, at der er tale om marginale forskelle i faunasammensætningen. Opstrøms er der ved nogle enkelte prøvetag-

ninger registreret arter, som er knyttet til sten og grusbund og som trækker indekset op fra 4 til 5 (sneglen *Ancylus Fluviatus* og vårfluen *Rhyacophila sp.*). Den sparsomme forekomst af grus og stenbund kan være årsagen til at disse arter kun er fundet i få tilfælde. Overordnet set er der ikke forskel i faunasammensætningen op- og nedstrøms Ejstrupholm Dambrug. Der er registreret i alt 66 taxa, med dominans af ferskvandstangloppen *Gammarus*, døgnfluer af slægten *Baetis*, kvægmyg samt dansemyg. Der blev også fundet en række rentvandsformer, herunder af døgnfluer, slørvinger, vårfluer samt huesneglen *Ancylus Fluviatus*, men de forekommer fåtalligt. Der optræder en del tolerante arter, især talrigt nedstrøms dambruget af kvægmyg som udgjorde 41-73 % af det samlede individantal nedstrøms mod 18-44 % opstrøms.

## 13 Litteraturliste

*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002).* Bekendtgørelse om modeldambrug. 10 s. - BEK nr. 923 af 08/11/2002 pp.

*Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004).* Bekendt om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug. 2 s. - BEK nr. 328 af 15/03/2004.

*Dambrugsudvalget (2002).* Dambrugsudvalget. Udvalget vedr. dambrugs-erhvervets udviklingsmuligheder. 78 s. Rapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

*Dansk Standard (1999).* DS 2399 Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata.

*Fjorback, C., Larsen, S.E., Skriver, J., Svendsen, L.M., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2003)* Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Danmarks Miljøundersøgelser. 272 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

*Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998).* Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 86 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

*Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (2002).* Notat vedr. tilpasning af udlederkontrol ved overgang fra tilstandskontrol til transportkontrol. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser.

*Miljøstyrelsen (1998).* Biologisk vandløbsbedømmelse af vandløbskvalitet. Miljø- og Energiministeriet. 39 s. - Vejledning nr. 5/1998.

*Pedersen, M. L., Baattrup-Pedersen, A & Wiberg-Larsen, P. (red) (2007).* Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-09. 3. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 21.

*Pedersen, P.B. Grønborg, O., & Svendsen, L.M. (red.) (2003).* Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. 82 s. - Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183

*Vejle Amt (2004).* Miljøgodkendelse af forsøgsdambruget (625-29) samt dispensation efter Naturbeskyttelsesloven, 43s.

*Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999).* Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NOVANA2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 16.

*Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B. (reds.) (2004). En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. 118 s. - DFU-rapport nr. 132-04,118 p.*

*Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S. & Dalsgaard, A.J.T. (2006). Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. 57 s. – DFU-rapport nr. 166-06.*

## DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk), hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- Nr. 158-06 Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 159-06 Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
- Nr. 160-06 Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed
- Nr. 161-06 Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektivurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
- Nr. 162-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 162a-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 163-06 Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven
- Nr. 164-06 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 165-06 A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic Herring (*Clupea harengus* L.) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS-and TBM-data. Mikael van Deurs
- Nr. 166-06 Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 167-06 Blåmuslinge- og Stillehavssøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 168-06 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

- Nr. 169-07      Produktion af blødskaledede strandkrabber i Danmark - en ny marin akvakulturproduktion. Knud Fischer, Ulrik Cold, Kevin Jørgensen, Erling P. Larsen, Ole Saugmann Rasmussen og Jens J. Sloth.
- Nr. 170-07      Den invasive stillehavsøsters, *Crassostrea gigas*, i Limfjorden - inddragelse af borgere og interessenter i forslag til en forvaltningsplan. Helle Torp Christensen og Ingrid Elmedal.
- Nr. 171-07      Kystfodring og kystøkologi - Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.
- Nr. 172-07      Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 173-07      Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 174-07      Abildtrup Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 175-07      Nørå Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 176-07      Rens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 177-08      Implementering af mere selektive og skånsomme fiskerier – konklusioner, anbefalinger og perspektivering. J. Rasmus Nielsen, Svend Erik Andersen, Søren Eliassen, Hans Frost, Ole Jørgensen, Carsten Krog, Lone Grønbæk Kronbak, Christoph Mathiesen, Sten Munch-Petersen, Sten Sverdrup-Jensen og Niels Vestergaard.
- Nr. 178-08      Økosystemmodel for Ringkøbing Fjord - skarvbestandens påvirkning af fiskebestandene. Anne Johanne Dalsgaard, Villy Christensen, Hanne Nicolajsen, Anders Koed, Josianne Støttrup, Jane Grooss, Thomas Bregnballe, Henrik Løkke Sørensen, Jens Tang Christensen og Rasmus Nielsen.
- Nr. 179-08      Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. Else Nielsen, Josianne Støttrup, Hanne Nicolajsen og Thomas Bregnballe.



- Nr. 180-08 Kunstig reproduktion af ål: ROE II og IIB. Jonna Tomkiewicz, Henrik Jarlbæk
- Nr. 181-08 Blåmuslinge- og stillehavsøstersbestandene i det danske Vadehav 2007. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 182-08 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 183-08 Taskekrabben – Biologi, fiskeri, afsætning og forvaltningsplan. Claus Stenberg, Per Dolmer, Carsten Krog, Siz Madsen, Lars Nannerup og Maja Wall.
- Nr. 184-08 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 185-08 Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark. Helle Torp Christensen, Per Dolmer, Hamish Stewart, Jan Bangsholt, Thomas Olesen og Sisse Redeker.
- Nr. 186-08 Smoltudvandring fra Storå 2007 samt smoltdødelighed under udvandringen gennem Felsted Kog og Nisum Fjord. Henrik Baktoft og Anders Koed.
- Nr. 187-08 Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 188-08 Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.